

Resíduos sólidos:

Impactos ambientais e inovações tecnológicas

André Cardim de Aguiar
Kardelan Arteiro da Silva
Soraya Giovanetti El-Deir
(Organizadores)



2019

Resíduos sólidos:

Impactos ambientais e inovações tecnológicas

André Cardim de Aguiar

Kardelan Arteiro da Silva

Soraya Giovanetti El-Deir
(Organizadores)

Gampe/UFRPE
Recife, 2019
1ª edição

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

A282r Aguiar, André Cardim de
 Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações
 tecnológicas / André Cardim de Aguiar, Kardelan Arteiro
 da Silva, Soraya Giovanetti El-Deir.– 1. ed. - Recife:
 EDUFRPE, 2019. 557p. : il.

Inclui referências.
ISBN: 978-85-7946-337-2

1. Resíduos sólidos 2. Lixo - Eliminação - Aspectos
ambientais 3. Tecnologia ambiental 4. Inovação
tecnológica I. Silva, Kardelan Arteiro da. II. El-Deir, Soraya
Giovanetti III. Título

CDD 628

Apoio: A presente edição foi viabilizada através do apoio institucional da Editora da UFRPE e do VII Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos e do V Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos – Epersol

COMISSÃO ORGANIZADORA TÉCNICO-CIENTÍFICA

Profa. Dra. Soraya Giovanetti El-Deir, Presidente			
Aldenir de Oliveira Alves	Fafire – PE	José Luiz Alves	UPE
Aline Carolina da Silva	UFPE	Juliana Tófano de Campos Leite Toneli	UFABC – SP
Amanda Estefânia de Melo Ferreira	UFOPA	Júlio Cesar de Pontes	IFRN
Ana Karoline Caitano do Nascimento	UFRPE	Kalinny Patrícia Vaz Lafayette	UPE
Ana Paula Lima Pacheco	UFPE	Kátia Cristina Silva de Freitas	UFRPE
Ana Regina Bezerra Ribeiro	UFRPE	Kleybiana Pacheco Dantas da Rocha	BRENCORP – PE
André Luiz Nunes Ferreira	IFPE-Cabo de Santo Agostinho	Leci Martins Menezes Reis	IFRN
André Maciel Netto	UFPE	Liliana Andrea dos Santos	UFPE
Andressa Ribeiro de Queiroz	Uninassau	Liliana Garcia Silva	IFTO
Ângela Maria Coelho de Andrade	ASCES/UNITA – PE	Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti	IFBA
Ângelo Luísa Miranda	UFRN	Luiz Filipe Alves Cordeiro	UFPE
Bruno Gomes Moura de Oliveira	IFPE	Luiz Moreira Coelho Júnior	UFPB
Claudia Coutinho Nóbrega	UFPB	Maria de Fátima Martins	UFCG
Claudia Wanderley Pereira Lira	IFPE	Maria José de Filgueiras Gomes	UFRPE
Cláudio Emanuel Silva Oliveira	ASCES	Mario Tavares de Oliveira Cavalcanti Neto	IFRN
Daniele de Castro Pessoa de Melo	ITEP	Nathalia Machado Simão	UFABC – SP
Diogo Henrique Fernandes da Paz	IFPE	Nélia Henriques Callado	UFAL
Eduardo Antônio Maia Lins	Unicap, IFPE	Oscar José Smiderle	EMBRAPA – RR

Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco	UFRJ	Patrícia Carla Barbosa Pimentel	FTC Salvador – BA
Elisangela Maria Rodrigues Rocha	UFPB	Raimundo Nonato Barbosa Felipe	IFRN
Emília Rahnemay Kohlman Rabbani	UPE	Regia Lucia Lopes	IFRN
Emmanuel Damilano Dutra	UFPE	Reinaldo Corrêa Costa	INPA – AM
Emmanuela Prado de Paiva Azevedo	UFRPE	Renata Carla Tavares dos Santos Felipe	IFRN
Érika Flávia Machado Pinheiro	UFRRJ	Renata Laranjeiras Gouveia	UFPE
Fernando de Figueiredo Porto Neto	UFRPE	Rita de Cássia Pompeu de Souza	EMBRAPA – RR
Fred Newton S. Souza	UFPE	Roberto Araújo Sá	UFPE
Giliara Carol Diniz de Luna-Gurgel	UFCG	Rodolfo Araújo de Moraes Filho	UFRPE
Graziella Colato Antônio	UFABC – SP	Rodrigo Cândido Passos da Silva	UFPE
Gregori da Encarnação Ferrão	UFMA	Simone Ferreira Teixeira	UPE
Ioná Maria B. Rameh Barbosa	IFPE	Soraya Giovanetti El-Deir	UFRPE
Ioneide Alves de Souza	UFRPE	Suzana Pereira Vila Nova	UFRPE
Isabela Cristina Gomes Pires	USP	Tâmara de Almeida e Silva	UNEB – BA
Ítalo Emanuel Rolemberg dos Santos	UFS	Thaís Meira Menezes	UFRPE
Janaina Accordi Junkes	UNIT	Vagne de Melo Oliveira	UFRPE
João Manoel de Freitas Mota	IFPE	Valdenildo Pedro da Silva	IFRN
Jorge Ferreira da Silva Filho	IFAL	Valeska Lisandra de Menezes	UFPB
Jorge Luís de Oliveira Pinto Filho	UFRN	Velber Xavier Nascimento	ESMAC
José Carlos Barbieri	FGV – SP	Wagner Jose de Aguiar	UFPE
José Ferreira Lima Júnior	UFCG	Zélia Maria Pimentel Nunes	UFPA

Sumário

Sumário

IMPACTOS, INOVAÇÕES E TECNOLOGIAS: A CONSTRUÇÃO DO CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	8
Capítulo 1. Impactos Ambientais	17
1.1. RESÍDUOS SÓLIDOS VERSUS DESASTRES URBANOS: ALGUNS APORTES TEÓRICOS	18
1.2. AVALIAÇÃO DE ÁREA ATINGIDA POR BTEX: POSSÍVEIS IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE E À SAÚDE PÚBLICA	31
1.3. IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA DUPLICAÇÃO DA RODOVIA AL-145 NO MUNICÍPIO DE DELMIRO GOUVEIA-AL	44
1.4. CARACTERIZAÇÃO E BIODISPONIBILIDADE DE METAIS NO MANGUE DA FOZ DO RIO MEIRIM, MACEIÓ-AL	53
1.5. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: UM RISCO PARA AVIAÇÃO BRASILEIRA	63
1.6. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL POR RESÍDUOS SÓLIDOS EM APP DO RIO DAS BOMBAS, JOÃO PESSOA – PB	72
1.7. ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR RESÍDUOS SÓLIDOS NUMA ENCOSTA NO MUNICÍPIO DE RECIFE-PE	84
1.8. ABORDAGEM QUALITATIVA DA SUSCETIBILIDADE AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS EM PEREIRO – CE	94
1.9. POLUIÇÃO NO Córrego do Bairro Aldeia em Chapadinha – MA	106
Capítulo 2. Inovações	116
2.1. USO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DE ANCHOVA (<i>Pomatomus saltatrix</i>) E ROBALO-FLECHA (<i>Centropomus undecimalis</i>) PARA RECUPERAÇÃO DE PROTEASES ALCALINAS	117
2.2. PURIFICAÇÃO PARCIAL DE BIOMOLÉCULAS EXTRAÍDAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO PESCADO BENEFICIADO EM PETROLÂNDIA-PE	127
2.3. PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS EM DIFERENTES FONTES DE CARBONO PELA BACTÉRIA <i>Gluconacetobacter hansenii</i>	140
2.4. SENSIBILIDADE TÉRMICA DE HIDROLASES RECUPERADAS DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE PEIXES NEOTROPICAIS CAPTURADOS NO LITORAL ALAGOANO	149
2.5. TERMO-OXIDAÇÃO ACELERADA EM GARRAFAS PET DESCARTADAS NO MEIO AMBIENTE	159
2.6. ENVELHECIMENTO AMBIENTAL DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS: REVIEW	170
2.7. DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE DESIDRATADOR SOLAR DE FRUTAS COM REUTILIZAÇÃO DE MATERIAL RECICLÁVEL EM PAULO AFONSO-BA	182
2.8. TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA COM FILTRO DE SERRAGEM DE MADEIRA E BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR	194
2.9. APLICATIVO MÓVEL NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO DO APP EPERSOL	208
2.10. REUTILIZAÇÃO DAS LATAS DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS POR ELETROCOAGULAÇÃO ESPONTÂNEA	219
Capítulo 3. Tecnologia	228
3.1. AVALIAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA BIOREFINARIA EXPERIMENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS (BERSO) NO CAMPUS RECIFE DA UFPE	229
3.2. GERENCIAMENTO E IMPACTO AMBIENTAL E SOCIOECONÔMICO DO COCO NAS PRAIAS DO CABO BRANCO, MANAÍRA E TAMBÁU, JOÃO PESSOA – PB	240

3.3. PRODUTOS QUÍMICOS, MANUSEIO E DESCARTE: A EXPERIÊNCIA DOS LABORATÓRIOS DO DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA DA UFRPE	254
3.4. REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS POR BIOMASSA MISTA DE <i>Aspergillus niger</i> E CASCA DE LARANJA (<i>Citrus sinensis</i> L. Osbeck)	264
3.5. PROPOSTAS DE DESTINAÇÃO FINAL DE LODO PROVENIENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA	276
3.6. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS NA REGIÃO NORDESTE; ANÁLISE ENERGÉTICA DA BIODIGESTÃO DE DEJETOS ANIMAIS	286
3.7. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: ESTUDO DE CASO EM UMA MATERNIDADE NO MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS – RN	296
3.8. GERAÇÃO DE BIOGÁS ATRAVÉS DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE LODO DE UMA INDÚSTRIA CERVEJEIRA	310
Capítulo 4. Resíduo de construção civil	340
4.1. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL; ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E DESTINAÇÃO FINAL	341
4.2. IMPACTOS OCASIONADOS PELA DEPOSIÇÃO IRREGULAR DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO MUNICÍPIO DE PAULISTA – PE	331
4.3. PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROPOSTA METODOLÓGICA DE OBRA DE MÉDIO PORTE EM SÃO LUÍS – MA	340
4.4. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE DOS IMPACTOS PROVENIENTES DO REGIME DE EXECUÇÃO DO PROJETO	354
4.5. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO TJPE	365
4.6. BLOCOS DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE COMPÓSITO COM CONCRETO SIMPLES E PÓ DE MDF	374
4.7. INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA PRODUÇÃO DE TIJOLO VAZADO DE SOLO-CIMENTO	386
4.8. DIAGNÓSTICO DO USO DO PÓ DE PEDRA EM ARGAMASSAS: CASO DO MUNICÍPIO DE CAICÓ - RN	397
4.9. O USO DE RESÍDUOS DE GESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA AGRICULTURA	408
4.10. AVALIAÇÃO DA DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO NA REGIÃO POLÍTICO ADMINISTRATIVA 2, RECIFE – PE	419
4.11. DESENVOLVIMENTO DE UM SIG PARA MONITORAMENTO DA DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM RECIFE - PE	433
Capítulo 5. Óleos e derivados	447
5.1. AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE ÓLEOS LUBRIFICANTES NA CIDADE DE SOBRAL – CE	448
5.2. CARACTERIZAÇÃO DE UM RESÍDUO PROVENIENTE DA QUEIMA DE ÓLEO COMBUSTÍVEL DE TERMOELÉTRICA LOCALIZADA EM JOÃO PESSOA-PB	458
5.3. ADITIVO INCORPORADOR DE AR PARA CONCRETO À BASE DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL COLETADO NA CIDADE DE PALMEIRA DOS ÍNDIOS-AL	466
5.4. GESTÃO E GERENCIAMENTO DO ÓLEO DE FRITURAS PARA PROCESSOS DE RECICLAGEM NO MUNICÍPIO DE MARECHAL DEODORO – AL	474
5.5. SENSIBILIZAÇÃO DOS MORADORES DE ABREU E LIMA-PE SOBRE OS CUIDADOS NO DESCARTE DO ÓLEO VEGETAL	487
5.6. DIAGNOSTICO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL DOS RESTAURANTES DE PAU DOS FERROS - RN	497
Capítulo 6. Resíduos orgânicos	514
6.1. DIAGNÓSTICO DO RESÍDUO DE PODA: ESTUDO DE CASO DO CAMPUS DE CHAPADINHA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO	515

6.2. GERAÇÃO DE ENERGIA DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE JOÃO PESSOA: UMA ESTRATÉGIA DE MDL	524
6.3. PEGADA DE CARBONO DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE COM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA USINA SUCROALCOOLEIRA	538
6.4. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA RECUPERADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO BENEFICIAMENTO DO PESCADO EM MACEIÓ - AL	547
DOS ORGANIZADORES	557

IMPACTOS, INOVAÇÕES E TECNOLOGIAS: A CONSTRUÇÃO DO CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

AGUIAR, André Cardim de
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
andrecardim@gmail.com

SILVA, Kardelan Arteiro da
UFRPE
kardelanok0@gmail.com

EL-DEIR, Soraya Giovanetti
UFRPE
sorayaeldeir@pq.cnpq.br; sorayageldeir@gmail.com

RESUMO

O Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos é um evento nacional organizado pelo Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco, da Universidade Federal Rural de Pernambuco que ocorre desde 2012. Já tendo a participação de 1322 congressistas e a apresentação de 433 artigos organizados em 13 *ebooks* que estão disponíveis no site do Epersol e da Edufrpe. Sempre discutindo temas relevantes e atuais para o gerenciamento e gestão dos resíduos sólidos, vem se consolidando num evento de envergadura nacional, com a presença de pesquisadores de todas as regiões do país.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, Gerenciamento, Sustentabilidade

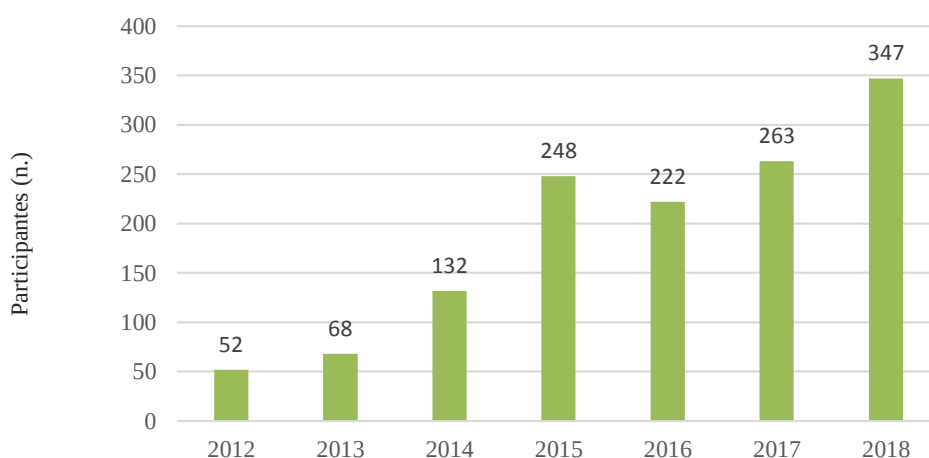
BREVE HISTÓRICO

O Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos é um evento realizado pelo Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco (Gampe), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Este teve surgimento a partir do Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos – Epersol, que ocorreu em 2012 como um evento focado na realização de palestras e debates. Entretanto, desde 2013 o Epersol, no segundo ano, conta com a apresentação de artigos científicos agregados em 6 eixos temáticos:

- Políticas públicas e legislação ambiental;
- Gestão integrada de resíduos sólidos;
- Educação ambiental e boas práticas;
- Responsabilidade socioambiental;
- Tecnologias limpas e inovadoras;
- Poluição e degradação ambiental.

Em 2013, por apresentarem diversidade estadual, estimulou a estruturação do evento no formato de um Congresso Nacional. Desta feita, ano após ano, o Epersol vem elevando a participação de congressistas, da comissão técnico-científica e de monitores, aumentando o numerário dos interessados em questões relativas aos resíduos sólidos (Figura 1).

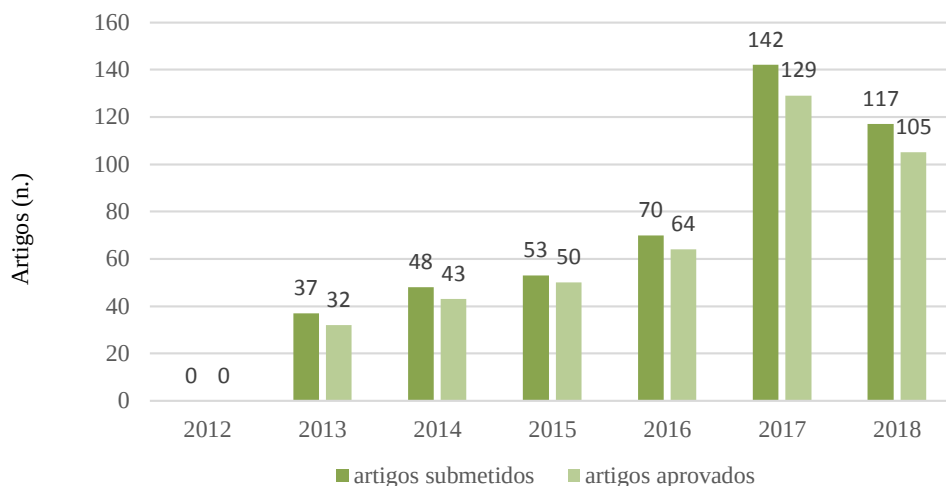
Figura 1. Numerário de participantes (congressistas, comissão técnico-científica e monitores) por ano de realização do Epersol



Com o objetivo de promover espaços de socialização e de debate do conhecimento produzido acerca da gestão de resíduos sólidos, o evento sempre contou com a participação de diferentes segmentos sociais e institucionais, desde a comunidade científica, a gestão pública, a iniciativa privada e as organizações não governamentais, com representações de todas as partes do país.

Junto ao crescente interesse no tema, a partir de 2013, ano inicial da submissão de artigos científicos, ocorre uma elevação da quantidade até o ano de 2017, ocorrendo uma diminuição do numerário face a inserção de critérios mais rigorosos no edital para os escritos (Figura 2). Os artigos aprovados e apresentados no Epersol estão registrados em ebooks, disponíveis no site da Universidade Federal Rural de Pernambuco (www.ufrpe.br), como no site do Epersol (www.epersol.br).

Figura 2. Quantificação dos artigos submetidos e aprovados no Epersol desde 2012 até 2018



Neste ano de 2018, aconteceram nos dias 4, 5 e 6 de setembro, na cidade de Recife-PE. As problemáticas da gestão de resíduos e as possibilidades de negócios que estes podem proporcionar são diversas e foram a tônica discutidas. Empreendedorismo na Gestão e Inovações no Gerenciamento de Resíduos Sólidos foram os temas desenvolvidos no VII Epersol, envolvendo atividades de palestras, de minicursos, de mesas redondas e institucionais, totalizando 99 trabalhos apresentados.

O presente ebook contém os artigos científicos da edição de 2018 do Epersol, que versam sobre **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**, onde você encontrará assuntos diversos que poderão auxiliar na elevação do seu conhecimento sobre o assunto.

ESTRATÉGIAS DE SUSTENTABILIDADE DO EPERSOL 2018

Neste sentido, o Epersol 2018 teve a realização do VII Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos e V Congresso Brasileiro. Tal temporalidade traz a um evento, se não uma maturidade, ao menos uma reflexão e um desejo de mudança e a sede por novos desafios. Realizado em Recife, entre os dias 4 e 6 de setembro, teve como tema focal o Empreendedorismo na Gestão e Inovações no Gerenciamento de Resíduos Sólidos, abordando as problemáticas da gestão de resíduos e as possibilidades de negócios envolvidas nesse processo. Desta forma, estratégias para elevar a sustentabilidade do evento tiveram lugar.

Projeto Epersol Carbono Zero

Em parceria com a **Orgânica Engenharia & Consultoria**, empresa em incubação na Incubatec Rural, pelo segundo ano o evento teve a realização do **Projeto Epersol Carbono Zero**. Neste, as emissões de gases do efeito estufa foram quantificadas e compensadas através de uma parceria realizada entre o Gampe com entidades públicas e privadas. A identificação das fontes de emissão possibilitou um maior controle das atividades desenvolvidas no evento, permitindo uma melhoria na gestão, o que resultou na redução de gastos e na maior eficiência nos processos relacionados a alimentação e gerenciamento de resíduos sólidos gerados no evento.

Inscrições sustentáveis

Ainda no preceito da sustentabilidade, num processo de desmaterialização e imaterialização, o evento contou com as **Inscrições Sustentáveis**, onde era possível optar pelo não recebimento de material como pasta, bloco de papel e caneta, no ato do credenciamento.

Desenvolvimento do aplicativo Epersol

Uma iniciativa relevante foi o **Desenvolvimento do Aplicativo Epersol**, que permitiu ao congressista, através do uso de um *smartphone*, ter todas as informações relativas ao evento em suas mãos. O uso do aplicativo facilitou o acesso a informações sobre o local do evento, sobre os trabalhos a serem apresentados e sobre os parceiros para a realização do evento.

EBOOK RESÍDUOS SÓLIDOS: IMPACTOS AMBIENTAIS E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

Nas últimas décadas, com o advento da crescente urbanização, da mudança do estilo de vida dos indivíduos, do aumento populacional e do desenvolvimento econômico, a quantidade de resíduos sólidos aumenta de forma acelerada e sem controle, ocasionando diversos malefícios para a saúde humana e para o meio ambiente (ANTHRAPE et al., 2018; WANG et al., 2018). A ausência da gestão de resíduos sólidos é fator determinante dos impactos ambientais em diferentes escalas.

No Brasil, mais de 3.000 cidades ainda possuem disposição inadequada ou em não conformidade com a legislação ambiental (BEZEN; FRACALANZA, 2016). Nesta perspectiva, são necessárias ações que desenvolvam um aumento na eficiência e na eficácia das etapas de coleta, de transporte, de tratamento, de destinação e de disposição final dos resíduos sólidos, além de reduzir os custos operacionais (BERTICELLI; PANDOLFO; KORF, 2017).

Sendo assim, a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos considera as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social nas ações voltadas às soluções para as problemáticas destes no país, considerando o desenvolvimento sustentável como uma premissa em todas as etapas do processo, incluindo também a redução, o reaproveitamento, a reciclagem, a coleta seletiva, a compostagem, a logística reversa, a responsabilidade compartilhada, a educação ambiental, às cooperativas de catadores de materiais recicláveis, além da pesquisa científica e de formulações de novas tecnologias voltadas a resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Desta forma, as tecnologias aplicadas, em cada processo anteriormente discutido, necessitam ser financeiramente sustentáveis, socialmente adequadas, legalmente aceitáveis, tecnicamente viáveis e ambientalmente amigáveis (ADENIRAM; NUBI; ADELOPO, 2017). Neste livro são apresentados 42 artigos sobre os seguintes eixos temáticos: impactos ambientais, inovações, tecnologia, resíduos da construção civil, óleos e derivados e resíduos orgânicos.

Impactos ambientais

O primeiro capítulo do ebook trata de impactos ambientais provocados pela disposição incorreta dos resíduos sólidos. Sabe-se que os impactos no meio ambiente provenientes do descarte de resíduos sólidos de forma ambientalmente inadequada estão aumentando nas últimas décadas. Em países que encontram-se em desenvolvimento, este panorama é ainda mais preocupante, pois os desafios para a implementação de programas e ações eficazes são fatores limitantes (ADENIRAM; NUBI; ADELOPO, 2017).

O tema impactos ambientais advindos da disposição inadequada dos resíduos sólidos está sob discussão no capítulo. O despejo em não conformidade com a legislação e boas práticas de resíduos sólidos causa alterações negativas no solo, na água e no ar. A contaminação e a poluição dos recursos hídricos estão afetando, diretamente, os recursos naturais e a saúde humana, visto que o consumo de água contaminada é uma das principais causas de mortalidade no mundo (MOR; KHAIWAL, 2018; PEREZ-SAEZ et al., 2017). A depender do desenvolvimento econômico do país ou da região sob análise, a fração orgânica na composição dos resíduos sólidos tende ser maior ou menor. O lixiviado produzido pela decomposição desses materiais dispõe de substâncias que alteram os padrões da água (MAGESWARI et al., 2017).

Contaminação e poluição do solo, da água, da atmosfera; dispersão de materiais que podem ou não ser recicláveis, e proliferação de vetores que podem causar danos à saúde humana são alguns exemplos que ocorrem com o descarte inadequado de resíduos (VALENTE et al., 2016). A construção de uma rodovia, por exemplo, potencializa os processos erosivos, a emissão de material particulado e o aumento da geração de resíduos da própria construção (REZENDE; ALVEZ-COELHO, 2015).

A totalidade de problemas dos resíduos de demolições e de construções necessita ser discutida, em razão dos impactos ambientais que o descarte inadequado pode intensificar (MORETTI et al., 2016). Posto isto, é fundamental a aplicação do gerenciamento de resíduos, de forma emergencial, para mitigar os impactos causados (GABRIELLI et al., 2018).

Além desses assuntos elencados, este capítulo corrobora para a discussão de áreas contaminadas que necessitam de pesquisas, dadas as consequências dos passivos ambientais que estas propiciam. Por fim, a incidência de colisões entre aves e aeronaves pode ser acentuada devido à matéria orgânica presente nos resíduos, visto que isto atrai animais.

A discussão sobre os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água também está nessa divisão do livro, já que estes podem ser processados de diferentes formas para uma destinação ambientalmente correta. Isto não sendo possível, o aterro sanitário é a área mais adequada para tal destinação final com a diminuição dos impactos ambientais.

Inovações

Os desafios para as inovações tecnológicas, no que concerne aos resíduos sólidos, são diversos, sendo discutidos no quarto capítulo. Desta forma, a adoção de técnicas de inovações ambientais precisa estar associada à resolução de problemas que envolvem o descarte ambientalmente inadequado de resíduos sólidos, além de buscarem aumentar a eficiência dos processos produtivos, para diminuição da geração desses materiais (OYAKE-OMBIS; VAN-VLIET; MOL, 2015).

A biotecnologia ambiental como forma de inovação é aplicada no intuito de recuperação e de valorização dos resíduos sólidos, sendo de suma relevância para a diminuição da extração dos recursos naturais, devido à incorporação das matérias-primas de valor econômico até então inexplorado (CORTEZ et al., 2017).

O progresso tecnológico contínuo é associado aos países desenvolvidos, pois o investimento nessa área é maior. Por outro lado, os desafios que as nações em desenvolvimento enfrentam neste setor precisam ser superados, visto que o processo de melhoramento dos padrões de vida material está inteiramente ligado à importância que o setor de inovações tecnológicas obtém (CETRULO et al., 2018). A utilização da tecnologia da informação para o gerenciamento de resíduos sólidos, por exemplo, se torna cada vez mais comum, em razão de facilitar a comunicação dos usuários de *smartphone* em os pontos de recolhimento de resíduos perigosos (GU et al., 2019).

No presente capítulo, as temáticas abordadas envolvem as mais diferentes inovações tecnológicas para a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos; variando desde a utilização de aplicativos móveis voltados aos resíduos sólidos, seguindo pelo desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas – SIG, além de tecnologias voltadas à acelerar a degradação e o reaproveitamento de materiais recicláveis. A substituição dos recursos naturais não renováveis por renováveis, por meio da fabricação de novos materiais, são fundamentais. Igualmente, as tecnologias de tratamento de águas residuárias fazem-se necessárias para preservar o meio ambiente e a saúde humana. Estas também foram abordadas na seção.

Tecnologia

Com a elevada geração de resíduos sólidos nas últimas décadas, vários esforços surgiram para o desenvolvimento de tecnologias que diminuíssem o volume gerado de resíduos, bem como mitigar os impactos ambientais negativos (CHEN et al., 2018). Nos países em desenvolvimento,

os processos para o gerenciamento de resíduos sólidos, no que diz respeito à coleta, o transporte, o tratamento e a eliminação, possuem tecnologias incipientes, em comparação às nações desenvolvidas. A temática tecnologia é o centro das discussões do quinto capítulo.

As tecnologias utilizam esses materiais para fabricar diferentes subprodutos, tais como energia, biocombustíveis, dentre outros (MOYA et al., 2017). Dessa maneira, existe a urgência de discussão das tecnologias adequadas aplicadas aos resíduos sólidos, visando métodos mais eficientes e adequados a cada caso e etapa específica. A utilização de Sistema de Posicionamento Global – GPS e de SIG são exemplos de ferramentas atuais que estão sendo usadas (SOUZA-MILARÉ et al., 2017).

Sendo assim, neste capítulo serão abordadas temáticas que envolvem o uso de tecnologias na transformação dos resíduos sólidos, buscando a diminuição do volume destes na superfície terrestre, a mitigação das alterações ambientais negativas e o aumento do tempo de vida útil do aterro sanitário. Nesta perspectiva, o reaproveitamento do gesso para fins agrícolas mostra-se como uma forma eficaz de correção da acidez do solo. Ademais, o debate sobre as tecnologias de reaproveitamento dos materiais descartados de construções e de demolições também foram pertinentes nesta seção, com o foco na produção de novas matérias primas. As soluções para os resíduos sólidos são variadas, onde as tecnologias atuais se mostram fundamentais em todas as etapas de gerenciamento. Outrossim, os metais pesados e as consequências destes nos recursos hídricos, bem como a problemática da poluição, também foram analisados.

Resíduos da construção civil

Com a expansão da urbanização e a existência de metrópoles que crescem cada vez mais, a quantidade de resíduos, tanto da construção quanto da demolição de edifícios, aumenta de forma significativa (JIN; YUAN; CHEN, 2018). Devido o grande volume gerado, este tipo de resíduo requer uma atenção especial, em razão de o mesmo ter elevado potencial de degradar uma determinada área (DUAN; LI, 2016), sendo o objeto do capítulo três.

Nesta concepção, é fundamental o aperfeiçoamento da prática de gestão de resíduos que envolvam a construção e a demolição de edifícios. Para isto, propor novos objetivos, novas metas e abordagens que levem em conta todo o processo, desde a retirada do recurso natural até a coleta, o acondicionamento, o transporte, o tratamento, a destinação ou disposição ambientalmente adequadas, são urgentemente requeridas para que ocorra uma redução nos impactos causados por estes tipos de resíduos (GÁLVEZ-MARTOS et al., 2018).

Nesta lógica, o capítulo aponta a busca por tecnologias inovadoras para incorporação desses tipos de resíduos novamente na cadeia produtiva, com o intuito do reaproveitamento, da reciclagem e do tratamento; a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC, estimando a quantidade e classificando os resíduos dessa atividade, bem como a sugestão de ações de manuseio desses materiais; a avaliação dos impactos ambientais ocasionados pela deposição irregular desses resíduos sólidos, devido o consumo dos recursos naturais para a produção dos materiais usados na construção civil, além do mapeamento das irregularidades causadas pelas construtoras, visto os impactos nos meios bióticos e abióticos que foram causados, buscando um monitoramento mais adequado e mitigação destes.

Óleos e derivados

A gestão de resíduos de óleo é de suma importância para preservar o meio ambiente e precisa envolver os fatores de lançamento desses tipos de matérias e semelhantes, as táticas de prevenção e de conscientização e os métodos de potencial utilização dos mesmos em vários processos produtivos (WALLACE et al., 2017), temática discutida no sétimo capítulo. Os resíduos líquidos podem causar inúmeros impactos ambientais nos ecossistemas. Por isso, ações que envolvam a reciclagem destes se fazem necessárias (HAJJARI et al., 2017).

A reciclagem ou a transformação do resíduo de óleo da cozinha em novas matérias-primas, para estas serem incorporadas no uso cotidiano do ser humano, pode caracterizar um

desenvolvimento social, econômico e ambiental (CARDOSO et al., 2017). O óleo de fritura pode ser coletado e passar por vários processos termoquímicos para este ser utilizado com outra finalidade, como biogás, sabão, dentre outros (MANEERUNG et al., 2016).

Neste sentido, no presente capítulo estão apresentados os problemas que o descarte ambientalmente inadequado desse tipo de resíduos sólidos pode desencadear na biosfera, bem como as possibilidades de reciclagem desse recurso. Inundações, degradação da paisagem, contaminação dos recursos hídricos, danos para a saúde da população são exemplos dessa problemática. Às questões relacionadas à gestão dos óleos lubrificantes e respectivas embalagens necessitam ser discutidas e melhor compreendidas, visto que os empreendimentos que trabalham com esse tipo de material são diversos e geram grande volume. Nessa temática, a gestão e o gerenciamento dos resíduos de diversos tipos de óleos, de graxas e de lubrificantes, além das embalagens, são premissas da legislação ambiental vigente.

Resíduos orgânicos

Desde a Revolução Industrial, a quantidade de sólidos orgânicos está aumentando constantemente, sendo este tipo de material um dos maiores grupos de resíduos produzidos no mundo e que ainda passam por empecilhos na transformação destes em recursos valiosos, como energia, fertilizantes, combustíveis alternativos, dentre outros (MUNIR et al., 2018). Tais questões são foco do capítulo oitavo.

As podas de árvores, os bagaços de cana-de-açúcar e coco são exemplos de resíduos da biomassa, cuja principal fonte é renovável e é reincorporada como matéria prima na produção de combustíveis e produtos químicos com elevados valores agregados (MARTÍN et al., 2017). Sendo assim, com a depleção dos recursos naturais e a ausência do gerenciamento sustentável dos resíduos sólidos, o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas a recuperação dos resíduos de madeiras se faz mister para a substituição dos recursos virgens e, conseqüentemente, mitigação dos impactos ambientais (HOSSAIN et al., 2018).

Nesta ideologia, o capítulo trata sobre a problemática e as soluções para o gerenciamento dos resíduos sólidos orgânicos, dada a grande quantidade produzida no Brasil, bem como as alterações negativas ou positivas que estes podem proporcionar para o meio ambiente. A geração de energia se mostra viável para mitigar esses impactos negativos e impulsionar o desenvolvimento econômico. Enfim, a utilização de instrumentos, como a pegada de carbono, no processo de cogeração de energia elétrica por meio do reaproveitamento de resíduos da agricultura também foram discutidas nessa seção. Neste sentido, os artigos apresentados neste ebook estão focados para a discussão dos impactos, sendo uma forma de se aprofundar nestas temáticas.

REFERÊNCIAS

- ADENIRAN, A. E.; NUBI, A. T.; ADELOPO, A. O. Solid waste generation and characterization in the University of Lagos for a sustainable waste management. **Waste Management**, v. 67, p. 3-10, 2017.
- ANTHRAPER, D.; MCLAREN, J.; BAROUTIAN, S.; MUNIR, M. T.; YOUNG, B. R. Hydrothermal deconstruction of municipal solid waste for solid reduction and value production. **Journal of Cleaner Production**, v. 201, p. 812-819, 2018.
- BERTICELLI, R.; PANDOLFO, A.; KORF, E. P. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: perspectivas e desafios. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 711-744, 2017.
- BEZEN, G. R.; FRACALANZA, A. P. Desafios para o manejo sustentável de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Plano DisP-The**, v. 52, p. 45 – 52, 2016.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de Agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2 Ago. 2010.

CETRULO, T. B.; MARQUES, R. C.; CETRULO, N. M.; PINTO, F. S.; MOREIRA, R. M.; MALHEIROS, T. F. Effectiveness of solid waste policies in developing countries: A case study in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 205, p. 179-187, 2018.

CHEN, P.; ANDERSON, E.; ADDY, M.; ZHANG, R.; CHENG, Y.; PENG, P.; MA, Y.; FAN, L.; ZHANG, Y.; LU, Q.; LUI, S.; ZHOU, N. Breakthrough Technologies for the Biorefining of Organic Solid and Liquid Wastes. **Engineering**, v. 4, n. 4, p. 574-580, 2018.

MAGESWARI, S.; LYAPPAN, L.; ARAVIND, S.; SAMEER, N. M.; VIGNESH, R.; KUMAR, P. V. Contamination of Groundwater Quality Due to Municipal Solid Waste Disposal – A GIS Based Study in Perungudi Dump Yard. **International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 4, n. 5, p. 952-964, 2017.

CORTEZ, S.; NICOLAU, A.; FLICKINGER, M. C.; MOTA, M. Biocoatings: A new challenge for environmental biotechnology. **Biochemical Engineering Journal**, v. 121, p. 25-37, 2017.

DA SILVA, Y. B. A. B.; AMOGLIA, S. M.; MCCLELLAND, J. L.; TEIXEIRA, A. F.; MELO, L. F. Projeto Sabão Ecológico: uma estratégia educacional para a reciclagem do óleo de cozinha no município de Viçosa. **Revista ELO–Diálogos em Extensão**, v. 6, n. 3, p. 33-44, 2017.

DE SOUZA MELARÉ, A. V.; GONZÁLEZ, S. M.; FACELI, K.; CASADEI, V. Technologies and decision support systems to aid solid-waste management: a systematic review. **Waste Management**, v. 59, p. 567-584, 2017.

DUAN, H.; LI, J. Construction and demolition waste management: China's lessons. **Waste Management and Research**, v. 34, n. 5, p. 397-398, 2016.

GABRIELLI, F.; ALESSIA, A.; SUSANNA, B.; LORENZO, G.; FRANCESCA, B. Disaster waste management in Italy: Analysis of recent case studies. **Waste Management**, v. 71, p. 542-555, 2018.

GÁLVEZ-MARTOS, J. L.; STYLES, D.; SCHOENBERGER, H; ZESCHMAR-LAHL, B. Construction and demolition waste best management practice in Europe. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 136, p. 166-178, 2018.

GU, F.; ZHANG, W.; GUO, J.; HALL, P. Exploring “Internet+ Recycling”: Mass balance and life cycle assessment of a waste management system associated with a mobile application. **Science of the Total Environment**, v. 649, p. 172-185, 2019.

HAJJARI, M.; TABATABAEI, M.; AGHBASHLO, M.; GHANAVATI, H. A review on the prospects of sustainable biodiesel production: a global scenario with an emphasis on waste-oil biodiesel utilization. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, p. 445-464, 2017.

HOSSAIN, U.; WANG, L.; YU, I. K. M.; TSANG, D. C. W.; PONN, C. S. Environmental and technical feasibility study of upcycling wood waste into cement-bonded particleboard. **Construction and Building Materials**, v. 173, p. 474-480, 2018.

JIN, R.; YUAN, H.; CHEN, Q. Science mapping approach to assisting the review of construction and demolition waste management research published between 2009 and 2018. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 140, p. 175-188, 2019.

MANEERUNG, T.; KAWI, S.; DAI, Y.; WANG, C. H. Sustainable biodiesel production via transesterification of waste cooking oil by using CaO catalysts prepared from chicken manure. **Energy Conversion and Management**, v. 123, p. 487-497, 2016.

- MARTÍN, M. T.; NOZAL, L.; ALONSO, R. A.; AGUIRRE, J.; GONZÁLEZ, A. S. . Microwave-assisted pyrolysis of Mediterranean forest biomass waste: Bioproduct characterization. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 127, p. 278-285, 2017.
- MONTEIRO, R. C. P.; DO SUL, J. A. I.; COSTA, M. F. Plastic pollution in islands of the Atlantic Ocean. **Environmental Pollution**, v. 238, p. 103-110, 2018.
- MOR, S.; NEGI, P.; KHAIWAL, R. Assessment of groundwater pollution by landfills in India using leachate pollution index and estimation of error. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 10, p. 467-476, 2018.
- MORETTI, J. P.; SALES, A.; ALMEIDA, F. C.; REZENDE, M. A.; GROMBONI, P. P. Joint use of construction waste (CW) and sugarcane bagasse ash sand (SBAS) in concrete. **Construction and Building Materials**, v. 113, p. 317-323, 2016.
- MOYA, D. Municipal solid waste as a valuable renewable energy resource: a worldwide opportunity of energy recovery by using waste-to-energy technologies. **Energy Procedia**, v. 134, p. 286-295, 2017.
- MUNIR, M. T.; MANSOURI, S. S.; UDUGAMA, I. A.; BAROUTIAN, S.; GERNAEY, K. V.; YOUNG, B. R. Resource recovery from organic solid waste using hydrothermal processing: Opportunities and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 96, p. 64-75, 2018.
- OYAKE-OMBIS, L.; VAN VLIET, B. J. M.; MOL, A. P. J. Managing plastic waste in East Africa: Niche innovations in plastic production and solid waste. **Habitat International**, v. 48, p. 188-197, 2015.
- PEREZ-SAEZ, J.; RINALDO, A.; MANDE, J.; LARSEN, J.; CEPERLEY, N. Classification and prediction of river network ephemerality and its relevance for waterborne disease epidemiology. **Advances in Water Resources**, v. 110, p. 263-278, 2017.
- REZENDE, E. N.; ALVES-COELHO, H. Impactos ambientais decorrentes da construção de estradas e suas consequências na responsabilidade civil. **Revista do Mestrado em Direito da Universidade Católica de Brasília: Escola de Direito**, v. 9, n. 2, Jul/Dez, p. 155-180, 2015.
- VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; R, J. M.; KIVEL, T. H. Impactos ambientais dos resíduos sólidos no município de Pelotas/RS: Um olhar fotográfico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 97-104, 2016.
- WALLACE, T.; GIBBONS, D.; DWYER, M.; CURRAN, T. International evolution of fat, oil and grease (FOG) waste management—a review. **Journal of Environmental Management**, v. 187, p. 424-435, 2017.
- WANG, F.; CHENG, Z.; REISNER, A.; LIU, Y. Compliance with household solid waste management in rural villages in developing countries. **Journal of Cleaner Production**, v. 202, p. 293-298, 2018.

Capítulo 1. Impactos Ambientais

1.1. RESÍDUOS SÓLIDOS VERSUS DESASTRES URBANOS: ALGUNS APORTES TEÓRICOS

SILVA, Valdenildo Pedro da

Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN)

valdenildo.silva@ifrn.edu.br

ALMEIDA, Louizy Minora Costa Ataíde de

IFRN

louminora@gmail.com

RESUMO

A temática sobre resíduos sólidos passou a ser discutida em razão do estilo de vida artificial e degradador dos recursos naturais, que tem causado o agravamento dos problemas e dos desastres ambientais já existentes no ambiente urbano, malefício resultante do aumento e da má disposição de resíduos. Existem lacunas na literatura quanto à inclusão dos problemas da má gestão de resíduos sólidos como uma das causas dos atuais desastres urbanos. O estudo procurou sistematizar uma revisão de literatura, estabelecendo um breve panorama das publicações científicas difundidas em diferentes veículos espalhados pelo mundo que abordam os resíduos sólidos como um dos meios que também têm influência nos desastres urbanos atuais. Para tanto, realizaram-se buscas nas bases de dados *ScienceDirect* e *Scopus*. As publicações selecionadas resultaram de alguns critérios: ano de publicação, fase do desastre em que o resíduo é produzido e enfoque do estudo. Foram localizadas 135 publicações, no total. Destas, 18 publicações foram analisadas quanto à fase do desastre em que ocorreu o estudo, quanto ao tipo de desastre abordado, quanto à localidade da pesquisa e quanto ao tipo de estudo realizado. Dessas publicações, nove tiveram foco na prevenção de desastres, duas não deixaram claro se houve um desastre precursor e sete tiveram como motivação da pesquisa a ocorrência de um desastre. Em suma, os estudos mostraram a importância da adoção de ações preventivas para contribuir com o aumento da resiliência das cidades.

PALAVRAS-CHAVE: Riscos, Resíduos; Movimentos de massa, Artigo de revisão.

INTRODUÇÃO

Estilos de vida artificiais e degradadores dos recursos naturais, causadores de malefícios como o aumento e a má disposição de resíduos, podem estar agravando os problemas e os desastres ambientais já existentes no ambiente urbano. Tais estilos podem dar uma maior notoriedade à questão dos resíduos sólidos nesta contemporaneidade. No entanto, há lacunas na literatura no tocante à vinculação dos problemas da má gestão de resíduos sólidos às causas dos desastres urbanos mais frequentes e intensos. Tanto os desastres naturais quanto a geração de resíduos sólidos têm se constituído num dos principais problemas dos centros urbanos, tendo em vista a disposição incorreta destes resíduos, efetuada sem se pensar em seu destino e nos impactos do descarte realizado de forma inapropriada (GÜNTHER, 2008), o que contraria alguns objetivos e metas específicos do tema em questão face à Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável (UN, 2015).

Além disso, como já pontuaram Santos et al. (2018), estudiosos de várias áreas do conhecimento e da academia, preocupados com o bem-estar geral das espécies presentes na Terra, bem como com a garantia de condições de vida para as gerações futuras, vêm cotidianamente alertando para a necessidade de tornar a relação homem-natureza mais harmônica.

Talvez seja por isso que tenha-se se discutido que a vulnerabilidade das populações à ocorrência de eventos extremos esteja ligada a fatores como a intensa exploração dos recursos naturais, o consumo de bens e serviços e a produção e o inaproveitamento de resíduos sólidos (CEPED, 2012).

Alguns autores, a exemplo de Quarantelli (1987), tem proposto que o paradigma atual de investigação sobre desastres seja pautado nestas duas ideias principais: 1) os desastres são, inerentemente, fenômenos sociais, e os eventos naturais, como furacões ou tempestades, não são os desastres em si, mas sim a fonte dos danos; 2) enraizado na estrutura social e reflete os processos de mudanças sociais. Nesse sentido, o desastre “não é um acontecimento físico [...], é uma ocasião social” (PERRY; QUARANTELLI, 2005).

Sendo assim, parece impróprio se referir a desastres naturais como se eles pudessem acontecer fora das ações e decisões humanas e das suas comunidades. Entende-se que os seres humanos são, de certa forma, responsáveis por sua vulnerabilidade e que “se não houver consequências sociais negativas, não há desastre” (PERRY; QUARANTELLI, 2005).

O Centro de Pesquisas em Epidemiologia e Desastres – *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED) – da Universidade Católica de Louvain, situada na cidade de Bruxelas, Bélgica, classifica os desastres naturais em seis categorias: geofísicos – terremotos, movimentos de massa e erupções vulcânicas; hidrológicos – inundações, deslizamentos de terra e ação das ondas; meteorológicos – tempestades, temperaturas extremas e nevoeiros; climatológicos – secas e incêndios; biológicos – acidente com animais, epidemia e infestação de insetos; e extraterrestres – impacto e clima espacial (ADSR, 2016).

A codificação adotada no Brasil se baseia na classificação CRED. Essa classificação subdivide as inundações em alagamentos, enchentes, inundações e enxurradas, a depender da velocidade com que a água escoar e do local onde o desastre ocorre (CENAD, 2014).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os efeitos das mudanças do clima, resultantes das atividades humanas, têm mudado o regime de chuvas, tornando-as mais frequentes e mais intensas em alguns lugares do mundo e mais raras em outras localidades. Como consequência tem-se o aumento das inundações e secas pelo mundo afora, que resulta em desastres mais críticos no ambiente urbano, devido ao grande crescimento urbano (UNDISR, 2012).

Segundo o último anuário de desastres, referente ao ano de 2016, desde 2006 o número de desastres hidrológicos tem a maior participação em desastres, a cada ano. O ano de 2016 teve uma proporção de 51,8% de desastres hidrológicos, para uma proporção média de 50,5% no período 2006-2015, seguida por desastres meteorológicos, que tiveram uma proporção de 28,1%, contra uma proporção média de 32,4% entre 2006 e 2015, enquanto os desastres climatológicos tiveram uma proporção de 11,1% e 8,7%, e os desastres geofísicos ocorreram numa proporção de 9,1% e 8,4 %, nos mesmos respectivos períodos (ADSR, 2016). Segundo o relatório de 2017 sobre desastres naturais ocorridos no mundo, as inundações e os deslizamentos foram os responsáveis por mais de 60% do número de mortes humanas, a maioria ocorrendo no continente asiático (BENFIELD, 2018).

Os custos com desastres hidrológicos no Brasil, no ano de 2016, foram em torno de 1 bilhão de dólares. Esse tipo de desastre foi o de maior ocorrência no país, e também no mundo (ASDR, 2016). Parte dos gastos na recuperação de um desastre pode ser evitada com investimentos em preparação e prevenção, podendo-se reduzir efeitos nefastos de eventos extremos.

Para alguns autores, a grande produção e a má disposição de resíduos sólidos têm se constituído num problema urbano que pode comprometer ainda mais os alagamentos das cidades, como pontuam Tucci e Bertoni (2003) e Silva (2017). Para esses autores, a regularidade na coleta de lixo e a punição com multas podem ser aplicadas como medidas preventivas de desastres, uma vez que tais medidas podem evitar a má disposição dos resíduos no sistema de drenagem (TUCCI; BERTONI, 2003). Por sua vez Pozzer et al. (2014), assinalam que é atribuição dos órgãos de Proteção e Defesa Civil garantir a desobstrução de sumidouros, valetas e outros canais de drenagem, retirando resíduos acumulados nesses locais antes do período de chuvas, sendo essa ação uma medida preventiva para a redução de risco de inundação. Tais medidas não têm sido aplicadas com mais frequência pelas gestões municipais sob o argumento de seus altos custos financeiros.

O Marco de Ação de Hyogo, cuja aprovação se deu em 2005, forneceu orientação inicial para os países do mundo nos esforços para reduzir o risco de desastres, e contribuiu para o progresso em direção à realização dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Com base nisso, as Nações Unidas, em sua III Conferência para a Redução do Risco de Desastres, estabeleceram o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres, com ações concisas para dar continuidade à avaliação e revisar as implementações baseadas no Marco de Hyogo, a serem adotadas entre os anos de 2015 e 2030. O Marco de Sendai estabeleceu como medidas prioritárias para a redução de riscos de desastres (RRD)

- (1) o entendimento do risco de desastre; (2) o fortalecimento à governança do risco de desastres para gerenciar o risco de desastres; (3) o investimento na redução do risco de desastres para resiliência; (4) e a melhoria da preparação para desastres para uma resposta eficaz e ‘Recuperar melhor’ na recuperação, reabilitação e reconstrução (UNISDR, 2015, p.14).

No Brasil, os instrumentos legais que têm disciplinado a gestão de resíduos e a gestão de risco de desastres são a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012, e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, respectivamente (BRASIL, 2012; BRASIL, 2010). Essas políticas convergem quanto à adoção de práticas preventivas que priorizam a redução da geração de resíduos e diminuem a necessidade de disposição final em aterros ou incineradores, e quanto à realização da prevenção de desastres como ação prioritária em relação às ações de remediação.

Na literatura, de uma maneira geral, dentre os desastres associados à presença de resíduos sólidos no meio urbano, os que têm sido considerados como os mais frequentes são as inundações e os movimentos de massa. As ações de prevenção de áreas críticas ao risco de inundação e deslizamento incluem: drenagem urbana e sistemas de esgotamento sanitário; controle e disposição dos resíduos sólidos; ‘gestão verde’ da cidade com ampliação das barreiras de contenção de cheias; espaços abertos permeáveis e arborizados; estabilização de encostas e controle de erosão; diques e barreiras para proteção costeira (DARAMOLA et al., 2016; LAMOND et al., 2012; YIN et al., 2016).

A literatura internacional tem discutido sobre os resíduos consequentes de desastres, o enfoque nas melhores formas de remoção, o custeamento da remoção desses resíduos e o armazenamento temporário nas cidades ao redor de todo o mundo e para todos os tipos de desastres (CHEN et al., 2013; CROWLEY, 2017; DU et al., 2012; DUBEY et al., 2007; FETTER; RAKES, 2011; WAKABAYASHI et al., 2017). No entanto, existe uma carência de publicações que tratem sobre a influência da geração e má disposição de resíduos sólidos na fase que precede os desastres, na qual podem agravar ou ser causa dos desastres que vêm ocorrendo no ambiente urbano.

É propósito deste artigo sistematizar uma revisão de literatura, estabelecendo um breve panorama das publicações científicas difundidas em diferentes veículos espalhados pelo mundo que abordam os resíduos sólidos como um dos meios que também têm influência nos desastres urbanos contemporâneos. Essa sistematização é imprescindível, já que estudar a gestão dos resíduos sólidos urbanos constitui uma das estratégias para o alcance do desenvolvimento sustentável (SIMÃO; NEBRA; SANTANA, 2017).

METODOLOGIA

Tendo em vista os propósitos do estudo em pauta, pode-se afirmar que a revisão de literatura apresentada é caracterizada como uma pesquisa exploratória, posto ter envolvido levantamentos bibliográfico e documental, baseando-se em fontes de informações e procedimentos de coleta pré-definidos; e como uma pesquisa descritiva quanto aos objetivos, visto que retrata e descreve as principais ideias das publicações encontradas (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Em virtude do aumento dos desastres hidrológicos na última década, a revisão da literatura foi realizada utilizando-se o recorte temporal de 2007 a 2017. Buscou-se a literatura relacionada à temática de resíduos e sua influência em desastres, publicada em artigos de revistas e periódicos internacionais.

Para a revisão de literatura, optou-se pela busca de dados nas bases *ScienceDirect* e *Scopus*. A escolha dessas duas bases deve-se ao fato de que são bases de dados multidisciplinares de literatura científica revisada por pares, e permitem a seleção de textos a partir da combinação de palavras-chave e conectores. A *ScienceDirect* é composta por textos científicos da editora Elsevier, com cobertura desde 1960 e contém resumos de 27 milhões de artigos. A *Scopus* é considerada a maior base de resumos e referências bibliográficas de literatura científica revisada por pares, com mais de 18 mil títulos de 5 mil editoras internacionais (CAPES, 2012).

Após a escolha dessas bases de dados, foi realizada a busca sobre a temática em estudo por meio de palavras-chave, variando-se, sempre que possível, entre combinações dos seguintes termos: *solid waste*, *trash*, *disaster* e *flood*; tais palavras correspondem a resíduos sólidos, lixo, desastre e inundações, respectivamente. É válido ressaltar que para o idioma inglês não existem diferenças entre os termos inundações, enchentes ou alagamentos, diferentemente do português, que diferencia estas ocorrências.

A partir da leitura dos títulos e resumos, foram selecionados somente os artigos que tratassem estritamente da temática abordada neste trabalho, e que cujos textos completos

estivessem disponíveis e acessíveis por meio eletrônico a qualquer estudioso do tema desta pesquisa. O método para a seleção dos artigos seguiu esta ordem:

- i) primeiramente, foram realizadas pesquisas nas bases de dados *ScienceDirect* e *Scopus*, utilizando-se os termos combinados *solid waste*, *trash*, *disaster* e *flood*. Em seguida, foram excluídos dessa pesquisa livros e manuais, que também estão contidos, principalmente, na base *Scopus*. Nessa primeira busca, foram identificadas as publicações disponíveis nas duas bases de pesquisa e, posteriormente, seguiu-se a exclusão de duplicidades, resultando-se em 361 artigos;
- ii) dando sequência ao levantamento dos referenciais, optou-se por restringir a busca por artigos publicados entre os anos de 2007 a 2017, período no qual os desastres no ambiente mais relacionados aos resíduos no meio urbano aumentaram proporcionalmente e passaram a ser discutidos no âmbito acadêmico, o que resultou em 135 artigos;
- iii) a partir da leitura dos resumos e títulos, foram identificados os textos que relacionavam resíduos a desastres urbanos, o que resultou em 31 artigos;
- iv) com o desenvolvimento de uma revisão sistemática da metodologia dos 31 trabalhos, foram selecionados apenas os trabalhos que atendiam ao critério de abordar os resíduos sólidos como possível fator agravante ou ocasionador de riscos na fase que precede os desastres, resultando-se em 18 artigos;
- v) por fim, os 18 artigos analisados demonstraram a relação entre resíduos sólidos e desastres urbanos. Convém destacar que não foi identificada nenhuma publicação nos anos de 2007, 2008, 2009, 2010, 2011 e 2014. Em 2015, 2013 e 2017, foram identificadas respectivamente, 1, 2 e 3 publicações. Os anos de 2012 e 2016 tiveram o maior número de publicações no período estudado, sendo 6 trabalhos em cada um desses anos (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade de publicações que relacionam resíduos e sua influência em desastres por ano

Ano de Publicação	Quantidade
2007	0
2008	0
2009	0
2010	0
2011	0
2012	6
2013	2
2014	0
2015	1
2016	6
2017	3
Total	18

Fonte: *ScienceDirect* e *Scopus* (2018).

A partir da revisão das metodologias dos artigos analisados, foi possível perceber que os estudos de caso são proeminentes dentre os trabalhos selecionados. Apenas o estudo desenvolvido por Lamond et al. (2012) utilizou uma revisão de literatura.

A maioria dos periódicos teve apenas uma publicação no período estudado, com exceção do *Central European journal of engineering* e do *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, que tiveram duas e três publicações, respectivamente. Os dezoito artigos escopo desta revisão foram publicados em quinze periódicos internacionais (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de publicações de artigos por jornal que relacionam resíduos e sua influência em desastres (em ordem alfabética)

Título do Periódico	Número de publicações
Analsof GIS	1
Central European journal of Engineering	1
Engineering	1
Environment&Urbanization	2
Environmental Science and Pollution Research	1
International Journal of Disaster Risk Reduction	1
International Journal of Disaster Risk Reduction	1
International Journal of Urban Sustainable Development	1
Journal of Flood Risk Management	1
JurnalTeknologi (Sciences&Engineering)	1
Nat. Hazards Earth Syst. Sci.	1
SustainableCitiesandSociety	1
UrbanWaterJournal	1
Water Management	1
WIT Transactions on Ecology and The Environment	3

Fonte: *ScienceDirect* e *Scopus* (2018).

Procedeu-se, então, com a leitura e a análise do conteúdo dos artigos selecionados. Os textos foram analisados quanto ao tipo de desastre foco da pesquisa e quanto ao período do desastre em que a pesquisa foi realizada, se o estudo ocorreu na fase de prevenção, durante o desastre ou no pós-desastre (Quadro 1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

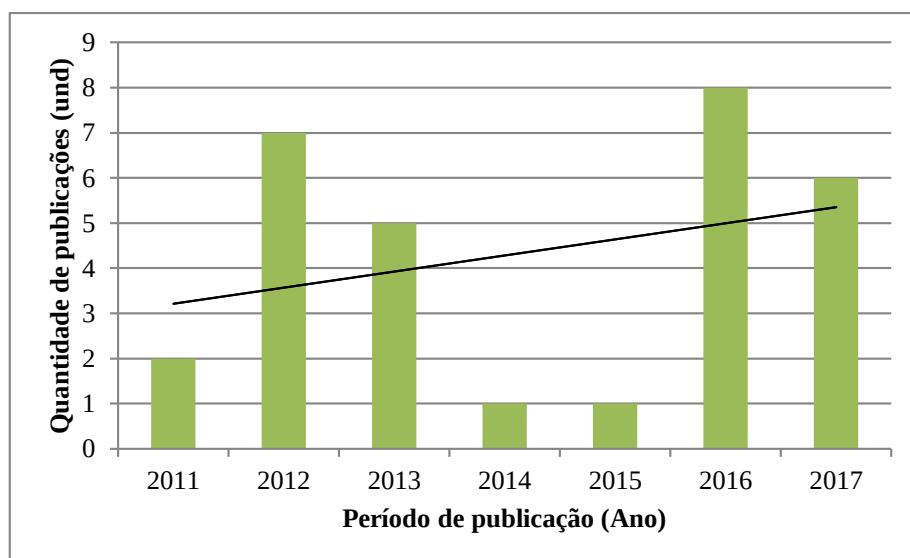
A partir das fontes e das estratégias metodológicas adotadas, os resultados alcançados pelo estudo apontam para o fato de que os artigos levantados, escopo deste texto, mostraram uma tendência de aumento linear de estudos abordando a temática da influência dos resíduos sólidos em relação aos desastres naturais ao longo dos últimos anos. É observada uma tendência de evolução de publicações sobre o tema em pauta a partir de 2012, mesmo que no ano de 2014 não tenha ocorrido a publicação de nenhum artigo (Figura 1).

Dentre os textos analisados, dezessete eram de estudos de caso e apenas um deles apresenta uma revisão de literatura, o que mostra o caráter prático da temática. Os principais tipos de desastres relacionados aos resíduos sólidos elencados nos estudos são movimentações de massa e inundações. É importante ressaltar que as buscas foram feitas na língua inglesa, e que, nesta língua, os termos inundações, alagamentos e enxurradas não são distintos como na língua portuguesa.

As classificações dos trabalhos encontrados quanto ao:

- Tipo de resíduo - resíduos ocasionando desastres ou resíduos aterrados;
- Tipo de desastre estudado – inundação e movimentação de massa;
- Tipo de pesquisa – estudo de caso ou revisão bibliográfica;
- Fase do desastre abordada na pesquisa – prevenção, pós desastre ou não informada.

Figura 1. Número de publicações por ano.



Fonte: ScienceDirect e Scopus (2018).

Quadro 1 – Classificação das pesquisas quanto ao tipo de resíduo estudado, ao tipo de desastre, ao tipo de pesquisa e quanto à fase do desastre abordada.

Tipo de Resíduo	Tipo de pesquisa	Fase do desastre tratada na pesquisa	Tipo de desastre	Autores
Resíduos causando desastres em aterros	Estudo de caso	Prevenção	Movimentação de massa	Eskandari et al. (2016)
		Pós-desastre		Yin et al. (2016)
Resíduos causando desastres	Estudo de Caso	Prevenção	Inundação	Daudey e Matsumoto (2017), Brown et al. (2012), Ogie et al. (2017), Prasad e Narayanan (2016), Wallerstein e Arthur (2012), Franz e Freitas (2012), Neolaka (2012) Wallerstein; Arthur (2013)
		Pós- desastres	Inundação	Daramola et al. (2016), Kita (2017), Chandraseana et al. (2015), Lassa e Nugraha (2015)
			Movimentação de massa	Toulkeridis et al. (2016)
		Não cita	Inundação	Aldalur et al. (2013) Salles et al. (2012)
	Revisão Bibliográfica	Pós-desastre	Inundação	Lamond et al. (2012)

Fonte: ScienceDirect e Scopus (2018).

Dentre os estudos analisados, sete tiveram foco de pesquisa no pós-desastre, ou seja, foram concebidos após a ocorrência de um desastre (KITA, 2017; YIN et al., 2016; DARAMOLA et al., 2016; TOULKERIDIS et al., 2016; CHANDRASEANA et al., 2015; LASSA; NUGRAHA, 2015; LAMOND et al., 2012). Outros nove estudos não necessitaram da ocorrência de um

desastre para sua elaboração (OGIE et al., 2017; DAUDEY; MATSUMOTO, 2017; ESKANDARI et al., 2016; PRASAD; NARAYANAN, 2016; BROWN et al., 2012; FRANZ; FREITAS, 2012; NEOLAKA, 2012; WALLERSTEIN; ARTHUR, 2012, 2013). Além disso, dois estudos não esclareceram se houve ou não algum evento específico que os motivou (ALDALUR et al., 2013; SALLES et al., 2012). A maioria dos artigos com foco em antecipação de desastres enuncia uma preocupação da comunidade acadêmica de agir preventivamente para tornar as cidades mais resilientes ao efeito dos desastres. Até mesmo os estudos com foco nas situações de pós-desastre mostraram a importância de se antecipar aos próximos eventos adversos.

Desastres em aterros de resíduos sólidos

Por se tratarem de locais onde são depositados resíduos, os locais escolhidos para servir de aterro devem ser criteriosamente submetidos a uma avaliação de risco antes de serem selecionados. Em regiões montanhosas, a seleção de um local apropriado é ainda mais crítica, pois tais áreas territoriais já são, naturalmente, susceptíveis a riscos de deslocamentos de massa (DAI et al., 2016). Eskandari et al. (2016) apresentam uma metodologia para a seleção de local não susceptível a deslizamentos de terra para aterro de resíduos em regiões montanhosas. Yin et al. (2016) discutem os deslizamentos de terra e a contaminação de lençol freático em virtude de um aterro de resíduos sólidos não controlado.

Desastres urbanos causados por resíduos sólidos

Para Ogie et al. (2017), apresentam um estudo sobre a presença de resíduos sólidos em estações de bombeamento de drenagem em cidades costeiras. O propósito dos autores era medir e classificar a vulnerabilidade das estações de bombeamento para o bloqueio do lixo na cidade de Jakarta, Indonésia.

Segundo Kita (2017), encontra em seu estudo múltiplos fatores de vulnerabilidade a desastres, incluindo práticas de construção inseguras, sistemas de drenagem ruins, descarte de resíduos sólidos não regulamentados, incapacidade institucional, inadequação de terras, assentamentos em áreas de alto risco e desmatamento.

De acordo com Daramola et al. (2016), identificaram que os indivíduos que despejam seus resíduos sólidos em locais não aprovados têm 21,14 vezes mais chances de sofrer graves consequências de ocorrências de desastres naturais, em comparação àqueles que têm seus resíduos descartados por fornecedores ou usam locais aprovados para despejo. O estudo mostra que a utilização de lixões não aprovados acarreta no risco de bloqueio dos canais de drenagem e, se esses canais estiverem na mesma vizinhança em que residem os indivíduos, aumentam-se as chances de ocorrer inundações.

Pesquisa sobre a consciência ambiental das pessoas com relação ao risco de inundações identificou baixo nível de esclarecimento da população com relação aos riscos de inundação relacionados aos resíduos, na cidade de Jackarta, situada na Indonésia (NEOLAKA, 2012).

No decorrer da preparação de um manual de gestão de risco de inundação urbana para o Banco Mundial, foram localizados onze estudos de caso, que reforçam as percepções existentes na literatura de gestão de inundações sobre a importância da gestão dos resíduos sólidos na redução do risco de inundação. Identificou-se que o bloqueio da drenagem está particularmente ligado à ocorrência de inundações repentinas, e que os resíduos sólidos também podem piorar o impacto de todos os tipos de inundações (LAMOND et al., 2012).

É possível aumentar a resiliência urbana e a eficiência dos recursos de forma integrada através de ações como compostagem e coleta seletiva. Estas iniciativas podem impedir que os resíduos sólidos contribuam para inundações, no entanto, tais práticas permanecem limitadas a certas áreas políticas e a algumas cidades, não apresentando impacto significativo (DAUDEY; MATSUMOTO, 2017).

A educação da população quanto aos riscos relacionados à disposição inadequada de resíduos é um instrumento de redução de riscos. É essencial que a população saiba se dispor adequadamente de seus resíduos (DARAMOLA et al., 2016; DAUDEY; MATSUMOTO, 2017).

A coordenação entre a gestão da drenagem e a gestão de resíduos é uma importante ferramenta na prevenção de inundações no meio urbano (BROWN et al., 2012). A cidade Bandar Lampung, Indonésia, vem incluindo em seu planejamento de preparação para mudanças climáticas ações de minimização de inundações, porém, tais ações ainda não ocorrem na prática (LASSA; NUAGRAHA, 2015).

Estudos de modelagem matemática têm procurado identificar quais os canais mais propensos à obstrução por lixo, a fim de auxiliar a gestão na prevenção de inundações em áreas susceptíveis. Além disso, examinaram a capacidade do sistema de drenagem na ocorrência de tempestades, possibilitando a identificação da presença de resíduos obstruindo a drenagem defasada. Utilizando modelos preditivos que dimensionam em quanto tempo os canais estariam obstruídos, foi desenvolvida a programação da limpeza frequente dos canais para evitar inundações em virtude da redução da capacidade de drenagem (ALDALUR et al., 2013; CHANDRASEANA et al., 2016; PRASAD; NARAYANAN, 2016; WALLERSTEIN; ARTHUR, 2012, 2013). Toulkeridis et al. (2016) identificaram o colapso de tubulação de drenagem por meio de disposição irregular de resíduos sólidos, que ocasionou a formação de uma cratera.

Estudos mostram ainda a importância da remoção de lixo em aquíferos superficiais (rios e lagos) para a prevenção de inundações e de outros transtornos no meio urbano. Salles et al. (2012) quantificaram e qualificaram os resíduos sólidos transportados em uma sub-bacia do rio, e relacionaram com dados de precipitação. Por sua vez, Franz e Freitas (2012) instalaram barreiras ecológicas para a remoção de lixo flutuante em rios e lagos urbanos. Por se tratarem de rios e lagos urbanos, o estudo comprovou que a remoção dos resíduos evitou a ocorrência de inundações. A remoção destes resíduos evita a propagação de vetores transmissores de doenças, os prejuízos no desenvolvimento de manguezais, a contaminação do lençol freático e a obstrução das valas de drenagem pluvial (FRANZ; FREITAS, 2012; SALLES et al., 2012).

Diante do levantamento dos referenciais lidos, pode-se afirmar que existem ainda poucas análises que demonstrem os resíduos urbanos como causa ou agravante de desastres. Mas, parece haver um consenso sobre os desafios que a geração de resíduos sólidos e a sua má disposição podem trazer para as vidas humanas que residem nos ambientes urbanos, devido aos transtornos que podem provocar quando obstruem a drenagem ou chegam aos corpos d'água.

Sabe-se que os desastres urbanos não resultam exclusivamente da geração e má gestão de resíduos sólidos, mas, com base na literatura analisada, os desastres urbanos têm muitas relações com falhas no sistema de drenagem. A literatura mostra que a gestão integrada entre os órgãos de gestão da drenagem, de gestão de resíduos e de proteção e defesa civil é essencial para evitar desastres no meio urbano. Em contraponto ao descrito por Pozzer et al. (2014), que atribuíram à Defesa civil a responsabilidade de garantir a desobstrução dos dispositivos de drenagem antes das chuvas.

CONCLUSÕES

Conclui-se, por meio dessa revisão de literatura, que os principais tipos de desastres naturais ocorridos nos ambientes urbanos relacionados aos resíduos sólidos dispostos irregularmente são inundações e movimentações de massa. Os estudos levantados mostraram, ainda, a importância da adoção de ações preventivas para se evitar a ocorrência de desastres, e

que esta abordagem é possível através de ações coordenadas entre as políticas responsáveis pela prevenção dos desastres e as de gestão de resíduos. Ressalta-se que em apenas um dos estudos a população afetada foi consultada sobre a percepção dos riscos de desastres relacionados aos resíduos sólidos. Constatou-se nos estudos analisados a necessidade de uma maior compreensão sobre os impactos e desastres ambientais, devido ao ambiente urbano vir se transformando em função das ações e necessidades antrópicas, assim como dos efeitos dos fenômenos naturais.

Além disso, os resultados alcançados podem fornecer, também, elementos potencialmente proveitosos acerca da relação entre a disposição inadequada de resíduos e a ocorrência de desastres naturais no ambiente urbano. Podem, ainda, contribuir para o aprofundamento teórico sobre o assunto, na medida em que apontam caminhos para a realização de novos estudos, os quais, inclusive, se revelam necessários face à escassez de publicações disponíveis atualmente. Não obstante, outras revisões sobre a temática em pauta podem ser desenvolvidas a partir do exame de publicações de origem distinta daquela aqui pesquisada, visto que o presente estudo tem limitações quanto à quantidade de bases consultadas e quanto ao fato de as buscas terem sido feitas somente no idioma inglês. Diante disso, é possível que eventualmente resultados complementares em relação àqueles reportados no corpus deste estudo possam ser obtidos. O presente trabalho permitiu revelar explicitamente os contributos de alguns autores sobre o tema específico do estudo: os liames entre resíduos sólidos e sua influência em desastres naturais no âmbito urbano. Com isso, ampliam-se as possibilidades e os desafios de desvendamento dessa temática, tanto do ponto vista de novas revisões de literatura mais amplas, como no que se refere às pesquisas empíricas.

REFERÊNCIAS

ADSR. **Annual disaster statistical review 2016: the numbers and trends** CRED, 2016. Disponível em: <http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2016.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2018.

ADSR. **Annual disaster statistical review 2015: the numbers and trends** CRED, 2015. Disponível em: <http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2016.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2018.

ALDALUR, B.; CAMPO, A.; FERNÁNDEZ, S. Urban drainage control applying rational method and geographic information technologies. **Central European Journal of Engineering**, v. 3, n. 3, p. 497–512, 2013.

BENFIELD, A. **Weather, climate & catastrophe Insight: 2017 annual report**. 2018. Disponível em: <http://thoughtleadership.aonbenfield.com/Documents/20180124-ab-if-annual-report-weather-climate-2017.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília-DF, 03 ago 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 27 fev. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC ...; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 Abr, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm>. Acesso em: 27 fev. 2018.

BROWN, A.; DAYAL, A.; RUMBAITIS DEL RIO, C. From practice to theory: emerging lessons from Asia for building urban climate change resilience. **Environment and Urbanization**, v. 24, n. 2, p. 531-556, 2012.

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Treinamentos de bases de dados serão transmitidos ao vivo**. 2012. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pnews&component=Clipping&view=pnewsclipping&cid=154&mn=0>. Acesso em: 14 abr. 2018.

CENAD - Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário Brasileiro de Desastres Naturais 2013**. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres, p. 1-82, 2014.

CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010**. v. 1, Brasil. Relatórios Técnicos, p. 94, 2012.

CHANDRASEANA, D. C. N.; YUSOF, K. WAN.; MUSTAFA, M. R.U. L.; MUSTAFFA, Z.; UMAR, S.I. A theoretical discussion and case study on the development of smart storm drainage unit for compact cities. **Jurnal Teknologi**. [s.l.], v. 5, p. 29-34, 2015.

CHEN, S.; FANG, S. S.; LIN, C. L.; HUNG, H. C. Generation of solid wastes in typhoon disasters and their emergent cleaning and treatment means. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 15, n. 3, p. 269-281, 2013.

CROWLEY, J. A measurement of the effectiveness and efficiency of pre-disaster debris management plans. **Waste Management**, v. 62, p. 262-273, 2017.

DAI, Z.; HUANG, Y.; DENG, W.; JIANG, F.; WANG, D. Constitutive flow behavior of a municipal solid waste simulant at post-failure: experimental and numerical investigations. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 11, p. 1-9, 2016.

DARAMOLA, A. Y.; ONI, O. T.; OGUNDELE, O.; ADESANYA, A. Adaptive capacity and coping response strategies to natural disasters: a study in Nigeria. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 15, p. 132-147, 2016.

DAUDEY, L.; MATSUMOTO, T. Integrating urban resilience and resource efficiency into local green growth strategies: the case of fast-growing cities in Southeast Asia. **International Journal of Urban Sustainable Development**, v. 9, n. 2, p. 226-241, 2017.

DU, P.; CHEN, J.; CHEN, C.; LIU, Y.; LIU, J.; WANG, H. Environmental risk evaluation to minimize impacts within the area affected by the Wenchuan earthquake. **Science of the Total Environment**, v. 419, p. 16-24, 2012.

DUBEY, B.; SOLO-GABRIELE, H. M.; TOWNSEND, T. G. Quantities of arsenic-treated wood in demolition debris generated by Hurricane Katrina. **Environmental Science and Technology**, v. 41, n. 5, p. 1533-1536, 2007.

ESKANDARI, M.; HOMAEI, M.; FALAMAKI, A. Landfill site selection for municipal solid wastes in mountainous areas with landslide susceptibility. **Environmental Science and Pollution Research**, [s.l.], v. 23, n° 12, p. 12423-12434, 2016.

FETTER, G.; RAKES, T. R. A self-balancing CUSUM approach for the efficient allocation of resources during post-disaster debris disposal operations. **Operations Management Research**, v. 4, n. 1-2, p. 51-60, 2011.

FRANZ, B.; FREITAS, M. A. V. Generation and impacts of floating litter on urban canals and rivers: Rio de Janeiro megacity case study. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 167, p. 321-332, 2012.

GÜNTHER, W. M. R. **Resíduos sólidos no contexto da saúde ambiental**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Departamento de Saúde Ambiental. 2008. p.148.

KITA, S M. Urban vulnerability, disaster risk reduction and resettlement in Mzuzu city, Malawi. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 22, p. 158-166, 2017.

LAMOND, J.; BHATTACHARYA, N.; BLOCH, R. The role of solid waste management as a response to urban flood risk in developing countries, a case study analysis. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 159, p. 193-204, 2012.

LASSA, J. A.; NUGRAHA, E. From shared learning to shared action in building resilience in the city of Bandar Lampung, Indonesia. **Environment and Urbanization**, [s.l.], v. 27, nº 1, p. 161-180, 2015.

LE HOANG, S. O. N. Optimizing municipal solid waste collection using chaotic particle swarm optimization in GIS based environments: a case study at Danang City, Vietnam. **Expert systems with applications**, [s.l.], v. 41, n. 18, p. 8062-8074, 2014.

NEOLAKA, A. Flood disaster risk in Jakarta, Indonesia. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 159, p. 107-118, 2012.

OGIE, R.I.; DUNN, S.; HOLDERNESS, T.; TURPIN, E. Assessing the vulnerability of pumping stations to trash blockage in coastal mega-cities of developing nations. **Sustainable Cities and Society**, v. 28, p. 53-66, 2017.

POZZER, C. P.; COHEN, S. C.; COSTA, F. da S. O marco de ação de Hyogo aplicado à gestão de risco de inundação no Brasil e em Portugal. **Territorium**, n. 21, p. 49-70, 2014.

PRASAD, N. N. R.; NARAYANAN, P. Vulnerability assessment of flood-affected locations of Bangalore by using multi-criteria evaluation. **Annals of GIS**, v. 22, n. 2, p. 151-162, 2016.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUARANTELLI, E. L. Disaster studies: an analysis of the social historical factors affecting the development of research in the area. **International Journal of Mass Emergencies and Disasters**, v. 5, n. 3, p. 285-310, 1987.

QUARANTELLI, E. L. Social research for the disasters of the 21ST century: theoretical, methodological and empirical issues and their professional implementatio. In: PERRY, R.; QUARANTELLI, E. (Eds.). **What is a disaster?** USA: International Research Committee on Disasters, p. 325-396, 2005.

SALLES, A.; WOLFF, D. B.; SILVEIRA, G. L. Solid wastes drained in an urban river sub-basin. **Urban Water Journal**, v. 9, n. 1, p. 21-28, 2012.

SANTOS, J. P. de O.; SILVA, E.V. L.; SOUZA, A. L.; EL-DEIR, S. G.. Economia circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos. In: SILVA, R. C. P.da; SANTOS, J. P. de O.; MELLO, D. P. de; EL-DEIR, S. G.(Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas da economia circular**. 1. Ed. Recife: EDUFRRPE, p. 9-17, 2018.

SIMÃO, N. M.; NEBRA, S. A.; SANTANA, P. H. de M.. A educação para o consumo sustentável como estratégia para redução de resíduos sólidos urbanos. In: AGUIAR, W. J.de; EL-DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P. L. (Org.). **Resíduos sólidos: abordagens práticas em educação ambiental**. 2. ed. Recife: EDUFRRPE, p. 173-181, 2017.

SOUZA, A. R. F.; GUILHERME, L. S.; CAVALCANTE, A. F. B. A.; SILVA, E. Atitudes socioambientais de alunos do município de Brejinho, Pernambuco, relacionadas aos resíduos sólidos. In: AGUIAR, W. J. de; EL-DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P. L. (Org.). **Resíduos sólidos: abordagens práticas em educação ambiental**. 2. ed. Recife: EDUFRRPE, p. 92-99, 2017.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 45-150, 2003..

UN -United Nations. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**. United Nations, 2015.

UNISDR. **Como construir cidades mais resilientes: um guia para gestores públicos locais** (2005 – 2015). Genebra, ICLUX EN 5000, 2012. Disponível em: <https://www.unisdr.org/files/26462_guiagestorespublicosweb.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2018.

UNISDR. **Sendai framework for disaster risk reduction**. 1th ed, Geneva, ICLUX EN 5000, 2015.
Disponível em: <https://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2018.

WAKABAYASHI, Y.; PEI, T.; TABATA, T.; SAEK, T.. Life cycle assessment and life cycle costs for pre-disaster waste management systems. **Waste Management**, [s.l.], v. 68, p. 688-700, 2017.

WALLERSTEIN, N.; ARTHUR, S. Improved methods for predicting trash delivery to culverts protected by trash screens. **Journal of Flood Risk Management**, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 23-36, 2012.

WALLERSTEIN, N.; ARTHUR, S. A new method for estimating trash screen blockage extent. **Water Management**. [s.l.], v. 166, p. 132-143, 2013.

YIN, Y.; LI, B.; WANG, W.; ZHAN, L.; XUE, Q.; GAO, Y.; ZHAG, N.; CHEN, H.; LIU, T.; LI, A.. Mechanism of the december 2015 catastrophic landslide at the shenzhen landfill and controlling geotechnical risks of urbanization. **Engineering**, [s.l.], v. 2, n. 2, p. 230-249, 2016.

1.2. AVALIAÇÃO DE ÁREA ATINGIDA POR BTEX: POSSÍVEIS IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE E À SAÚDE PÚBLICA

LINS, Eduardo Antonio Maia

Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP)
eduardomaialins@gmail.com

DE BARROS, Camila Dias Teles

UNICAP
camiladiast1@hotmail.com

PAIVA, Sérgio Carvalho

UNICAP
spaiva@unicap.br

LINS, Adriana da Silva Baltar Maia

Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco
adriana_baltar@yahoo.com.br

RESUMO

Essa pesquisa tem o objetivo de realizar uma investigação ambiental preliminar (AIP), avaliando uma possível área contaminada que possui potencial de se tornar um Passivo Ambiental. A partir de amostras de solo e de águas subterrâneas coletadas em pontos previamente definidos na faixa de proximidade do tanque de óleo diesel subterrâneo, que era instalado em uma unidade de Corte e Dobra para fins de utilização do gerador da planta. Para tal investigação, as técnicas e parâmetros das análises seguiram os métodos e critérios estabelecidos pela Instrução Normativa N°005 de 2006 da Agência Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), definida para empreendimentos que recebem, armazenam, revendem ou distribuem produtos combustíveis derivados de hidrocarbonetos e álcool no Estado de Pernambuco. Os resultados da investigação ambiental confirmatória, não indicam a existência de contaminação no solo e na água subterrânea, próximo ao poço tubular profundo para os parâmetros avaliados nas adjacências do tanque de óleo diesel subterrâneo, do filtro de diesel e do gerador.

PALAVRAS-CHAVE: Contaminação, Análise, Doenças.

INTRODUÇÃO

Com quase três décadas de políticas ambientais, a degradação da qualidade do ambiente continua seu curso na maior parte do globo (SILVA; CRISPIM, 2011). Já não bastam políticas preventivas, pois para reverter os processos que levam à degradação ambiental são necessárias iniciativas concretas de reparação dos danos causados no passado, o chamado passivo ambiental (STIVAL et al, 2013). A contaminação do solo por atividades industriais ou pelo lançamento de resíduos é uma das mais significativas evidências do passivo ambiental (FOGAÇA; CORREA, 2017).

Inúmeros casos de contaminação do solo foram sendo paulatinamente descobertos em praticamente todos os países industrializados, que mediante o aumento considerado do número de casos, passaram a adotar legislações específicas para a proteção do solo ou para o gerenciamento de áreas contaminadas (RIBEIRO et al., 2013).

O sucesso das políticas de áreas contaminadas trouxe consigo um efeito colateral, que foi a imposição de restrições ou pelo menos de dificuldades para a reutilização de imóveis contaminados, com a consequente redução de seu valor de mercado e da mesma forma dificultando a reintegração ao tecido urbano de áreas contaminadas ou mesmo de áreas potencialmente contaminadas (STIVAL et al., 2013). Desta forma, áreas contaminadas representam problemas múltiplos: um risco à saúde humana e dos ecossistemas; um risco à segurança pública; restrições ao desenvolvimento urbano; redução do valor dos imóveis (BECK, 2011). A presença de áreas contaminadas e de terrenos de indústrias desativadas impõe problemas especiais de gestão urbana, ao contribuir para a desvalorização não somente do imóvel contaminado, mas também de seu entorno, ao deteriorar a imagem de uma cidade perante investidores e a opinião pública, ao favorecer a disposição clandestina de resíduos e a ocupação de terrenos, provocando assim, verdadeiros cortes no tecido urbano (PRADO, 2017).

O presente trabalho retrata um pouco de tal realidade, sendo definida a área de estudo uma antiga unidade de Corte e Dobra de Aço, hoje desativada, situada no município de Igarassu-PE. O objetivo da investigação ambiental preliminar (IAP) foi avaliar as potenciais alterações da qualidade do solo e águas subterrâneas locais, consequentes de eventuais derramamentos e/ou vazamentos de produtos derivados do petróleo em uma área junto a um tanque de diesel subterrâneo.

REFERENCIAL TEÓRICO

Áreas Potencialmente Contaminadas

De acordo com Cunha & Augustin (2014), os problemas ambientais relacionados à presença de solos contaminados começaram a ser reconhecidos no Brasil por volta da década de 1980, mas só em meados da década seguinte que começaram a surgir algumas respostas mais estruturada do Poder Público, onde estado de São Paulo foi pioneiro, ao estabelecer um programa de capacitação de recursos humanos e de desenvolvimento de ferramentas de gestão, contando com a cooperação do governo alemão. A ação governamental vem se dando através de diferentes iniciativas, como a constituição de um cadastro de áreas contaminadas e a introdução de novos requisitos legais. Há diversos projetos de remediação em andamento (MEJÍA et al., 2014; VIOTTI et al., 2017) e várias empresas já adotam procedimentos de precaução antes da realização de transações imobiliárias que envolvam terrenos potencialmente contaminados.

Segundo Cunha e Augustin (2014), ainda afirmam que apesar de mais de três décadas de políticas ambientais, a degradação da qualidade do ambiente continua seu curso na maior parte do globo. As políticas preventivas não são suficientes, pois para reverter os processos que levam à degradação ambiental são necessárias iniciativas concretas de reparação dos danos causados no passado, o passivo ambiental (VIOTTI et al., 2017) contaminação do solo por atividades

industriais ou pelo lançamento de resíduos é uma das mais significativas evidências do passivo ambiental.

Para Viotti et al. (2017), o reconhecimento das áreas contaminadas trouxe consigo um efeito colateral, que foi a imposição de restrições ou pelo menos de dificuldades para a reutilização de imóveis contaminados, com a consequente redução de seu valor de mercado e da mesma forma dificultando a reintegração ao tecido urbano de áreas contaminadas ou mesmo de áreas potencialmente contaminadas. Desta forma, áreas contaminadas representam problemas múltiplos:

- um risco à saúde humana e dos ecossistemas;
- um risco à segurança pública;
- restrições ao desenvolvimento urbano;
- redução do valor dos imóveis.

São consideradas áreas contaminadas:

...local onde foi comprovada poluição causada por depósito, acumulação, armazenamento, enterramento ou infiltração de substâncias ou resíduos, gerando impactos ambientais negativos. Uma área contaminada por um empreendimento constitui-se em passivo ambiental deste empreendimento (FIEMG, 2015, p. 56).

A presença de áreas contaminadas e de terrenos de indústrias desativadas impõe problemas especiais de gestão urbana, ao contribuir para a desvalorização não somente do imóvel contaminado, mas também de seu entorno, ao deteriorar a imagem de uma cidade perante investidores e a opinião pública, ao favorecer a disposição clandestina de resíduos e a ocupação de terrenos. ProCOVam, assim, verdadeiros cortes no tecido urbano (ROSALES et al., 2014).

Realidades no Brasil.

Para Ruiz et al (2013), afirmaram que durante os anos de 1970 e 1980 a Baixista Santista era uma importante produtora de areias industriais e de construção civil e as cavas de mineração foram locais preferenciais para o lançamento de solventes organoclorados e que descoberto o problema, teve-se início uma ação administrativa da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB visando avaliar a extensão do problema e remover os resíduos, enquanto era também aberta uma ação civil pública, pelo Ministério Público Estadual, visando a reparação dos danos ambientais.

Os autores ainda afirmaram que em Santo Amaro da Purificação, cidade situada no Recôncavo Baiano, uma metalurgia de chumbo que funcionou entre 1961 e 1993 representa outro caso conhecido há tempo, onde a escória da fundição de concentrado de minério de chumbo foi depositada diretamente sobre o solo na própria área industrial e foi também utilizada para pavimentação de estradas e encascalhamento de ruas. Mas esta escória é um resíduo perigoso, por conter chumbo e cádmio e mesmo depois do encerramento das atividades industriais, a exposição da população a estes metais continua elevada (NUZZI, 2013).

Aspectos Legais

De acordo com Brandão (2017), em uma estrutura federativa, encontram-se legislações ambientais no âmbito federal, estadual e municipal que podem, tendo em vista a falta de legislação específica, ser utilizadas nas ações dos órgãos ambientais nas questões que envolvem áreas contaminadas.

A Lei Federal 6.938/81 (BRASIL, 1981), regulamentada pelo Decreto 99.274/90 (BRASIL, 1990), define a Política Nacional do Meio Ambiente e regula a estrutura administrativa

de proteção e de planejamento ambiental – o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama). Essa Lei introduz alguns instrumentos de planejamento ambiental e determina a responsabilidade/penalidade para casos de poluição:

Art. 2º - A Política Nacional de Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições de desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios: [...]

VIII – recuperação de áreas degradadas; [...]

Art. 4º - A Política Nacional de Meio Ambiente visará: [...]

VII – À implantação, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados [...]. (BRASIL, 1981, p. 1).

O Decreto nº 97.632 de 10 de abril de 1989 (BRASIL, 1989), que dispõe sobre a regulamentação da lei citada, considera como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como, a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais. A lei define também que o responsável pela poluição tem a obrigação, independentemente da existência de culpa, de reparar ou pagar indenização correspondente aos danos causados ao meio ambiente e a terceiros afetados por suas atividades.

A resolução CONAMA nº 420/2009 (CONAMA, 2009) determina critérios de valores orientadores de qualidade do solo: “Art. 7º A avaliação da qualidade do solo, quanto à presença de substâncias químicas, deve ser efetuada com base em Valores Orientadores de Referência de Qualidade, de Prevenção e de Investigação. ”

No que tange à prevenção e ao controle da qualidade do solo, o Art. 14 determina as diligências necessárias aos empreendimentos que detém potencial de contaminação:

Art. 14º Com vista à preservação e controle da qualidade do solo, os empreendimentos que desenvolvem atividades com potencial de contaminação dos solos e águas subterrâneas deverão, a critério do órgão ambiental competente:

I – Implantar programas de monitoramento de qualidade do solo e das águas subterrâneas na área do empreendimento e, quando necessário, na sua área de influência direta e nas águas superficiais;

II – Apresentar relatório técnico conclusivo sobre a qualidade do solo e das águas subterrâneas, a cada solicitação de renovação de licença e previamente ao encerramento das atividades. [...]. (BRASIL, 2009, p. 5).

Diante disso, a fim de atuar na preservação e manutenção da qualidade do solo, é necessário a realização de procedimentos capazes de avaliar as concentrações de substâncias químicas e o controle de qualidade do solo, os quais são observados no art. 16, que afirma:

Art. 16º são procedimentos para avaliação das concentrações de substâncias químicas e controle da qualidade do solo são, dentre outros:

I – Realização de amostragens e ensaios de campo ou laboratoriais, de acordo com os artigos 17, 18 e 19;

II – Classificação da qualidade do solo conforme artigo 13;

III – Adoção das ações requeridas conforme estabelecido no artigo 20. (BRASIL, 2009, p. 6).

Gerenciamento de Áreas Contaminadas (AC)

Com o objetivo de otimizar recursos técnicos e econômicos, a metodologia utilizada no gerenciamento de áreas contaminadas (AC) baseia-se em uma estratégia constituída por etapas sequenciais, em que a informação obtida em cada etapa é a base para execução da etapa posterior. Diversos autores definem em dois processos que constituem a base do gerenciamento de ACs denominados: processos de identificação e processo de recuperação (CETESB, 2017). O processo de identificação de áreas contaminadas tem como objetivo principal a localização de áreas contaminadas, e o processo de recuperação de áreas contaminadas tem como objetivo principal a adoção de medidas corretivas nessas áreas que possibilitem recupera-las para um uso compatível com as metas estabelecida a ser atingidas após a intervenção, adotando-se dessa forma o princípio da “aptidão para uso” (CETESB, 2017). A Cetesb ainda afirma que na realização das etapas do processo de identificação, em função do nível de informação existente referente a cada uma das áreas em estudo, estas podem ser classificadas como: áreas potencialmente contaminadas (AP), áreas suspeitas de contaminação (AS) ou áreas contaminadas (AC).

Para a aplicação dos procedimentos necessários para a realização da priorização de áreas, na metodologia desenvolvida para o gerenciamento das AC, são previstas três etapas de priorização. Os critérios utilizados para realizar essas priorizações consideram basicamente as características da fonte de contaminação (tipo de contaminante, tamanho da fonte de contaminação...), as vias de transporte dos contaminantes e a importância dos bens a proteger.

O gerenciamento de AC pode ser conduzido por um órgão federal, estadual, municipal ou até mesmo privado que possua a atribuição de controlar problemas ambientais na região de interesse. Esse órgão deve se responsabilizar pela execução das etapas do processo de identificação de áreas contaminadas e pela fiscalização da execução das etapas do processo de recuperação, que caberá, normalmente, ao responsável pela contaminação, de acordo com o princípio do “poluidor pagador” (CETESB, 2017)

Qualidade do Solo

A avaliação de qualidade de solo, quanto à presença de substâncias químicas, deve ser efetuada com base em Valores Orientadores de Referência de Qualidade, de Prevenção e de Investigação. A Resolução Conama nº420/09 (CONAMA, 2009) define as classes de qualidade dos solos, segundo a concentração de substâncias químicas como: • Classe 1 – Solos que apresentam concentrações de substâncias químicas menores ou iguais ao VRQ; • Classe 2 – Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior do que o VRQ e menor ou igual ao VP; • Classe 3 – Solos que apresentam concentrações pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual ao VI; e • Classe 4 – Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VI.

Ainda de acordo com a Resolução Conama 420/09 (CONAMA, 2009), os indicadores da qualidade do solo podem ser classificados, de um modo geral, em quatro grupos; visuais, físicos, químicos e biológicos. Embora esta divisão em grupos seja usual, é importante ressaltar que estes atributos e processos, em sua maioria, são inter-relacionados. Esse mesmo Conama ainda afirma que os melhores indicadores da qualidade do solo são aqueles que integram os efeitos combinados de diversos atributos ou processo do solo, os quais devem ser precisos, simples para o uso e devem estar associados à função para a qual se pretende usar o solo. Portanto, um bom indicador deve ser de fácil medida, respondendo às mudanças propostas, estar relacionado com os requerimentos de qualidade do solo, e ter um limite claro entre o que é sustentável e não sustentável (BARATA-SILVA et al., 2014).

De acordo com Gomes et al. (2006), os indicadores visuais podem ser obtidos a partir da interpretação de fotografias aéreas e observações diretas, como a exposição do subsolo, mudança de cor do solo, escoamento superficial, resposta da planta, espécies de plantas daninhas predominantes, entre outras. Os autores ainda relatam que “evidências visuais podem ser indicadores claros de que a qualidade do solo está ameaçada ou passando por alterações.” Para os indicadores físicos estão relacionados ao arranjo das partículas e do espaço poroso do solo, incluindo densidade, porosidade, estabilidade de agregados, textura, encrostamento superficial, compactação, condutividade hidráulica e capacidade de armazenagem de água disponível, refletindo limitações ao crescimento radicular, à emergência das plântulas, à infiltração e ou movimento da água no interior do perfil do solo e à disponibilidade de água às plantas (BARATA-SILVA et al., 2014).

De acordo com Gomes et al. (2006), o pH, salinidade, capacidade de troca de cátions, capacidade de suprimento de nutrientes, concentrações de elementos que podem ser potencialmente contaminantes (metais pesados, compostos radioativos, etc.) ou necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas são considerados indicadores químicos. As condições químicas do solo afetam as relações solo-planta, a qualidade de água, a disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas e outros organismos.

Entre os indicadores biológicos estão incluídos: a matéria orgânica, a diversidade de espécies, a massa microbiológica, o nível de respiração do solo, o que possibilita avaliar a atividade microbiológica. O ergosterol, por exemplo, um bioproduto de origem fúngica, tem papel importante na formação e estabilidade de agregados do solo. Populações de minhocas e nematoides têm sido utilizadas como indicadores biológicos. Medidas da velocidade de decomposição de resíduos de plantas em embalagens especiais ou o número de plantas daninhas, também são indicadores da qualidade do solo (CPRM, 2005).

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área onde encontra-se o tanque de óleo diesel enterrado para abastecimento de um gerador foco da presente Investigação Ambiental Preliminar (AIP), situa-se dentro de uma unidade de Corte e Dobra desativada no município de Igarassu situado no estado de Pernambuco/PE. Em sua área além de construções básicas de infraestrutura, a principal característica é a existência de grandes galpões, nos quais se fazia o corte e a dobra do aço.

Metodologias Adotadas

Os serviços realizados seguiram os métodos e critérios estabelecidos pela Instrução Normativa N°005 de 2006 da Agência Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), que estabelece diretrizes para a execução de trabalhos relacionados à investigação ambiental junto a empreendimentos que recebem, armazenam, revendem ou distribuem produtos combustíveis derivados de hidrocarbonetos e álcool no Estado de Pernambuco. Além desta norma, também foi usado como base o “Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas” elaborado pela Cetesb.

a) Levantamentos de informações do empreendimento e das áreas circunvizinhas

Com o objetivo de melhor caracterização da área em estudo, inclusive em situações passadas, foi feito um levantamento de informações históricas e atuais da área, por meio de consulta a documentos fornecidos por representantes da unidade Corte e Dobra Igarassu, levantamento de campo e aquelas obtidas de pesquisa bibliográfica ou internet.

O levantamento das informações pertinentes ao tipo de estudo efetuado na área, bem como as principais informações das operações circunvizinhas, focando um raio de aproximadamente 100 metros foi efetuado de acordo com procedimentos estabelecidos na

Instrução Normativa nº 005 de 2006 (CPRH, 2006). Todas as informações obtidas foram sintetizadas em uma planta baixa de maneira a contribuir para a melhor visualização das condições ambientais locais e potenciais interferências que poderia haver.

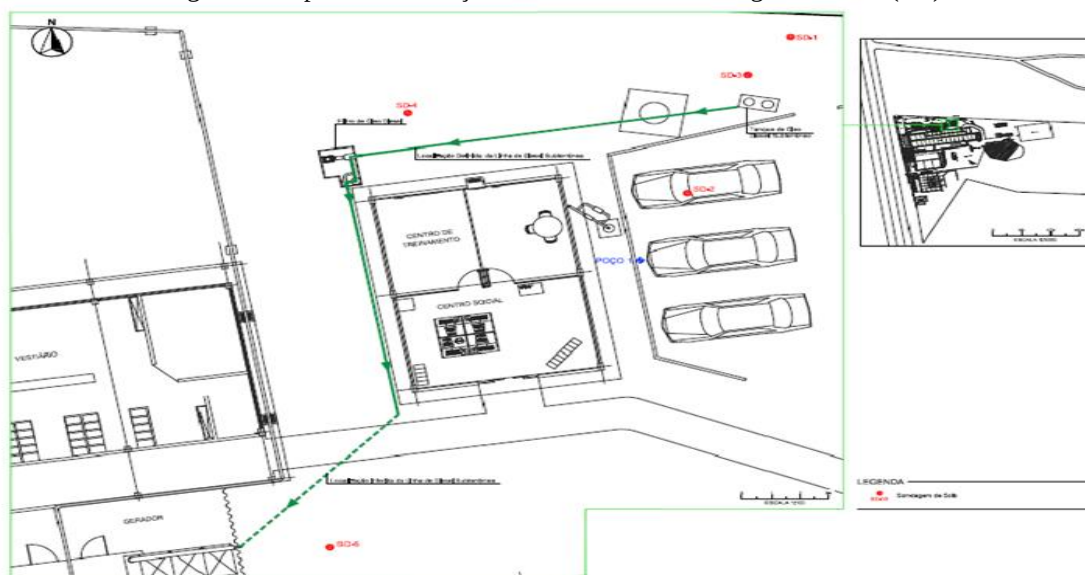
b) Malha de gases – *soil gas survey* e explosividade

Nas proximidades do tanque de óleo diesel subterrâneo e em locais suspeitos de possível ocorrência de gases no solo por meio da execução de sondagens rasas (profundidade máxima de 90 cm) e medição com aparelho EntryRAE (marca ERA Systems) acoplado em vara cilíndrica perfurada. As medições foram executadas em 3 (três) profundidades, a saber 50, 100 e 150 cm, e os furos foram feitos utilizando-se de máquinas rotativa elétrica. Adicionalmente, foi verificada a possível presença de gases Metano, através de explosivímetro, em caixas de esgoto e estruturas subterrâneas próximas ao tanque de tubulações. Os resultados das medições foram utilizados como base para locação aproximada das sondagens e possíveis poços de monitoramento a serem instalados na área.

c) Sondagens e coleta de amostras de solo

Foram realizadas 5 (cinco) sondagens para coleta de amostras de solo e possível instalação de poços de monitoramento, utilizando-se trado manual com diâmetro de 4” (quatro polegadas). A localização das sondagens, que foi determinada em função dos resultados do *Soil Gas Survey* e da direção inferida do fluxo da água subterrânea local é apresentada na (Figura 1). A sondagem SD-1 foi realizada em região à montante do tanque; a SD-2 localiza-se a cerca de 4m à jusante do tanque; a SD-3 foi realizada à montante do tanque, próximo a sua tampa para abastecimento; a SD-4 foi realizada próxima ao filtro de diesel; por fim, a SD-5 localiza-se nas proximidades do gerador, em local aparentemente à jusante da tubulação que parte do filtro de óleo diesel até o gerador.

Figura 1. Mapa de Localização dos Pontos de Amostragem de Solo (SD).



Fonte: Autor (2018).

Durante a execução das sondagens, foram coletadas amostras de solo com uso de amostradores do tipo Macro Core Sampler (liners de 44 mm de diâmetro e 0,6 m de comprimento). Uma fração de cada amostra (horizonte de 0,6 metros) foi transferida para sacos herméticos do tipo Zip e submetida à medição de Compostos Orgânicos Voláteis (COV), utilizando-se aparelho medidor de gases EntryRAE, marca RAE Systems. A outra fração foi acondicionada em isopor refrigerado para posterior segregação preenchimento de frascos e despacho ao laboratório. A tabela apresenta um sumário das amostras coletadas e respectivas análises químicas (Tabela 1).

Tabela 1. Sumário de análises químicas em solo e águas subterrâneas.

Identificação da Amostra	Profundidade (metros)	BTEX	PAH	COVs
SD – 1 (solo)	2,60 – 3,10	X	X	-
SD – 1 (solo)	5,50 – 6,10	X	X	-
SD – 1 (solo)	0,15 – 0,80	X	X	-
SD – 1 (solo)	3,00 – 3,60	X	X	-
SD – 1 (solo)	3,10 – 3,60	X	X	-
SD – 1 (solo)	0,15 – 0,80	X	-	-
Água Subterrânea	-	-	X	X

Fonte: Autor (2018).

Conforme recomendação da Instrução Normativa N° 005 de 2006 (CPRH, 2006), caso o nível d'água não fosse atingido os 3,6 metros de profundidade, o procedimento seria coletar amostras em profundidades faixa de 3,0 a 3,6 metros. No entanto, por questões de garantia das condições locais verificadas, a maior parte das sondagens ultrapassaram os 3,6 metros de profundidade.

d) Coleta de água do poço tubular profundo

A distância aproximada de 8 m do centro do tanque subterrâneo de óleo diesel, encontra-se um poço tubular profundo (PTP) identificado como Poço 1 (um). Apesar deste poço apresentar profundidade da base estimada de 116 m, foi realizada uma coleta de água para análise de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) e Hidrocarbonetos Poliaromáticos (PAH), visto que o tanque se encontrava em posição de montante em relação ao poço.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tanque de diesel subterrâneo encontra-se localizado à norte da unidade Corte e Dobra Igarassu, sendo que à sul do mesmo, posição de jusante, há como principais operações galpões de corte e dobra e infraestruturas em geral. Dentro da unidade, como bens a proteger identificados estão 2 (dois) poços tubulares utilizados para a abastecimento local. Esses poços possuem as seguintes características, as quais observadas na (Tabela 1):

Tabela 1. Características dos os poços tubulares encontrados na unidade.

Poço	Uso	Profundidade (m)	Vazão (m³/h)	N.E (m)	N.E (m)
N° 1	Abastecimento local da unidade	116	15	55	62
N° 2	Abastecimento local da unidade	110	15	55	62

Fonte: Autor (2018).

Em relação às medições de COV em solo, concentração de 57 ppm foi verificada em profundidade de 1 m em ponto ao lado da fossa existente, localizada à leste do tanque de diesel, cuja concentração pode estar associada à presença de matéria orgânica proveniente desta fossa. As maiores medições foram verificadas em ponto locado ao lado da tampa do tanque subterrâneo, com concentrações de 201, 304 e 253 ppm, respectivamente nas profundidades de 0,5, 1,0 e 1,5 metros, próximo à sondagem SD-03. Foram efetuadas medições em caixas de esgoto, na fossa, e em galerias de água nas proximidades do tanque, entretanto concentrações nulas ou insignificantes foram verificadas em todos os locais.

Pôde-se notar que as únicas medições que indicaram algum tipo de anomalia (30, 141 e 178 ppm) ocorreram em amostras da SD-3, locada ao lado da tampa do tanque subterrâneo, onde foram encontrados os maiores valores durante as medições de COV na campanha de Soil Gas Survey. Tais amostras, por sinal, apresentavam odor típico de óleo diesel, a princípio proveniente de pequenos respingos que ocorrem durante os abastecimentos. DE LIMA et al., (2017), ao

realizar esses mesmos estudos em outros 4 postos de gasolina, na cidade de Cuiabá, encontrou valores de COV, variando de 999 a 4620 ppm, em profundidades superiores a 100 metros, detectando contaminações acentuadas em camadas de solos mais rasas.

Os resultados de todas as análises químicas das amostras de solo (Tabela 3), realizadas para os parâmetros BTEX e PAH, não indicaram concentrações acima dos valores de referência adotados. Observa-se que apenas traços de compostos foram detectados nas amostras provenientes da SD-3. De Lima et al., (2017), ao realizar esses mesmos estudos para os solos atingidos pela gasolina, na cidade de Cuiabá, encontrou valores de BTEX em até 13.836 µg/Kg, para profundidades superiores.

Tabela 3. Resultados de análises de BTEX e PAH em solo.

Parâmetros	Unidade	Padrão de Referência	SD – 1	SD - 2	SD – 3	SD - 4	SD – 5
Benzeno	µg/Kg	1500	< 1,78	< 1,63	< 8,13	< 1,85	< 1,78
Tolueno	µg/Kg	40000	< 1,78	< 1,63	< 8,13	< 1,85	< 1,78
Etilbenzeno	µg/Kg	1200	< 1,78	< 1,63	< 8,13	< 1,85	< 1,78
m.p-Xilenos	µg/Kg	6000	< 1,78	< 1,63	< 8,13	< 1,85	< 1,78
o-Xilenos	µg/Kg	6000	< 1,78	< 1,63	84,9	< 1,85	< 1,78
Naftaleno	µg/Kg	60000	< 3,96	< 3,63	160	< 4,11	< 3,96
Acenafteno	µg/Kg	33000000	< 3,96	< 3,63	< 3,62	< 4,11	< 3,96
Fluoreno	µg/Kg	22000000	< 3,96	< 3,63	53,2	< 4,11	< 3,96
Fenantreno	µg/Kg	5000	< 3,96	< 3,63	56,7	< 4,11	< 3,96
Antraceno	µg/Kg	170000000	< 3,96	< 3,63	< 3,62	< 4,11	< 3,96
Fluoranteno	µg/Kg	22000000	< 3,96	< 3,63	22,1	< 4,11	< 3,96
Pireno	µg/Kg	10000	< 3,96	< 3,63	6,75	< 4,11	< 3,96

Fonte: Autor (2018).

d) Águas do poço tubular profundo

Os resultados das análises dos parâmetros COVs e PAH para a amostra de água subterrânea coletada junto ao poço tubular profundo identificado como Poço 1, foram inferiores aos limites de detecção do laboratório para todos os compostos considerados (Tabela 4).

Para Teramoto (2015), durante seus estudos de doutorado sobre contaminação de água subterrânea por compostos de BTEX também encontrou, em vários poços de monitoramento, valores de concentração de benzeno abaixo do limite de detecção. O problema consiste apenas no seu valor de solubilidade é mais elevado (1780 mg/L) e é esperado que seu particionamento para a água seja mais efetivo. De acordo com a Portaria do Ministério da Saúde nº2.914/2011 (BRASIL, 2011), o benzeno é considerado o composto mais tóxico dentre os BTEX com padrão de potabilidade de 5 µg/L e a via mais importante de absorção desse composto é a respiração, pois a área do sistema respiratório capaz de absorver o benzeno é muito grande.

A maior parte do benzeno que se respira é eliminada pela expiração. O que é absorvido na corrente sanguínea se acumula principalmente em tecidos com alto teor de lipídios. A absorção varia entre 10% a 50% dependendo da dose, do metabolismo e da quantidade de gordura presente no organismo. Na sua forma inalterada, o benzeno é eliminado através do ar expirado e em torno de 0,1%, apenas, é eliminado na urina. O que continua no organismo é transformado principalmente no fígado e na medula óssea e eliminado na urina na forma de metabólitos (BARATA-SILVA et al., 2014; MOURA-CORRÊA; LARENTIS, 2017). As possíveis concentrações encontradas podem ser capazes de trazer consequências acentuadas à saúde dos trabalhadores, conforme estudos de Linet et al. (2015) e Loomis et al. (2017), que registraram a detecção de câncer em funcionários de empresas que trabalhavam com benzeno.

Tabela 4. Resultados de análises de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) e PAH em águas subterrâneas.

Parâmetros	Unidade	Padrão de Referência	Poço
Benzeno	µg/L	5	< 1,00
Clorofórmio	µg/L	200	< 1,00
Clorometano	µg/L	190	< 1,00
Cloreto de Vinila	µg/L	5	< 1,00
Bromometano	µg/L	8,7	< 1,00
Naftaleno	µg/L	10	< 0,05
Acenafteno	µg/L	2200	< 0,05
Fluoreno	µg/L	1500	< 0,05
Fenantreno	µg/L	5	< 0,05
Antraceno	µg/L	5	< 0,05
Fluoranteno	µg/L	1	< 0,05
Pireno	µg/L	100	< 0,05

Fonte: Autor (2018).

Os resultados da avaliação ambiental apresentaram concentrações de benzeno abaixo do Valor de Referência Tecnológico de 1 ppm ou 3,19 mg.m⁻³, estabelecido pela NR 15 (Anexo 13-A) para setores de atividade com benzeno. Tal fato não exclui o risco à saúde humana, pois não existe limite de exposição seguro para substâncias carcinogênicas, como no caso do benzeno. Da mesma forma, para tolueno, xilenos e etilbenzeno, mesmo com concentrações no ar atmosférico dentro dos limites estabelecidos pela NR 15 (460 mg.m⁻³ para tolueno; 340 mg.m para xilenos e etilbenzeno), não há estudos que comprovem a segurança ocupacional e ambiental tanto para a população de trabalhadores de postos de combustíveis quanto para a população do entorno.

CONCLUSÕES

Os resultados da investigação Ambiental Confirmatória, realizada na Unidade Corte e Dobra Igarassu, não indicam a existência de contaminação no solo e água subterrânea junto ao poço tubular profundo para os parâmetros avaliados nas adjacências do tanque de óleo diesel subterrâneo, do filtro de diesel e do gerador.

A detecção de alguns compostos derivados de petróleo na sondagem SD-3, localizada nas proximidades da tampa do tanque subterrâneo, indicam a ocorrência de eventuais vazamentos de pequena escala, provavelmente respingos durante os procedimentos de descarga para o tanque.

Apesar do presente estudo não ter indicado a presença de contaminação em solo e água proveniente do poço tubular (Poço 1), recomenda-se que testes de estanqueidade sejam realizados no tanque de diesel subterrâneo, bem como nas respectivas linhas de produto, a fim de verificar possíveis vazamentos que venham ocorrer.

O benzeno é considerado o composto mais tóxico dentre os BTEX e sua via mais importante de absorção ocorre através da respiração, devendo ser melhor observado por profissionais da área de saúde a fim de constatar possíveis agressões ao sistema imunológico.

REFERÊNCIAS

BARATA-SILVA, C.; MITRI, S.; PAVESI, T.; SAGGIORO, E.; MOREIRA, J. C.; Benzeno: reflexos sobre a saúde pública, presença ambiental e indicadores biológicos utilizados para a determinação da exposição. **Cad. Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 5, p. 329-420, 2014.

BECK, U. Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade. 2ª edição. São Paulo: Editora 34, 2011.

BRANDÃO, J. C. L. *Vade Mecum* da Legislação Ambiental do Estado do Amazonas. p. 988, Manaus, 2017

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 31 ago. 1981.

BRASIL. Decreto-lei nº 97.632 de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Brasília, 10 abr. 1989.

BRASIL. **Decreto-lei nº 99.274, de 6 de junho de 1990**. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Brasília, 6 jun. 1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011**. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia para avaliação do potencial de contaminação em imóveis**. São Paulo, 2003.

CETESB. 1100: **O gerenciamento de áreas contaminadas**. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/areas_contaminadas/anexos/download/1100.pdf Acessado em: 07 de novembro de 2017

CLOCK, D.; OLIVEIRA, T. M. N. Os Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde na Ótica da Saúde Ambiental. In: João Paulo de Oliveira Santos; Rodrigo Cândido Passos da Silva; Daniel Pernambucano de Mello; Soraya Giovanetti El-Deir. (Org.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais** 1ed. Recife: Edufrpe, v. 1, p. 464-474, 2018.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Res. nº 420, de 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, 30 dez. 2009.

CPRM. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Igarassu, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CUNHA, B. P.; AUGUSTIN, S.; Sustentabilidade Ambiental: Estudos Jurídicos e Sociais. ISBN 978-85-7061-746-0, p. 486, Caxias do Sul, RS : Educs, 2014.

DE LIMA, S. D.; OLIVEIRA, A. F.; GOLLIN, R.; CAIXETA, D. S.; LIMA, Z. M.; MORAIS, E. B. 2017. Gerenciamento de Áreas Contaminadas por Postos de Combustíveis em Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 12, n. 2, p. 299-315, 2017.

FIEMG. **Gerenciamento de áreas contaminadas: Conceitos e Informações**. Minas Gerais, 2015.

FOGAÇA, A. T. P.; CORREA, C. C.; Investigação Ambiental e suas Etapas: um Estudo de Caso para Locação de Imóvel. INOVAE - ISSN: 2357-7797, São Paulo, Vol.5, N.2, JUL-DEZ, 2017 - pág. 96-107

GOMES, A. S.; DA SILVA, C. A. S.; PARFITT, J. M. B.; PAULETTO, E. A.; PINTO, L. F. S. Caracterização de Indicadores da Qualidade do Solo, com Ênfase às Áreas de Várzea do Rio Grande do Sul. Issn: 1806-9193, p. 40, EMBRAPA, Pelotas, RS, 2006.

- LINET, M. S.; YIN, S. N., GILBERT, E. S. et al.). A retrospective cohort study of cause-specific mortality and incidence of hematopoietic malignancies in Chinese benzene-exposed workers. **Int J Cancer**, v. 137, p. 2184–2197, 2015
- LOOMIS, D.; GUYTON, K. Z.; GROSSE, Y.; GHISSASSI, F.; BOUVARD, V.; BENBRAHIM-TALLAA, L.; GUHA, N.; VILAHUR, N.; MATTOCK, H.; STRAIF, C. Carcinogenicity of benzene. **Lancet Oncol**, v. 18, n. 12, p. 1574–1575, 2017.
- MOURA-CORREA, M. L.; LARENTIS, A. L. Exposição ao benzeno no trabalho e seus efeitos à saúde. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, p. 1-4. 2017.
- MEJÍA, P. D. L.; ANDREOLI, F. N.; ANDREOLI, C. V.; SERRAT, B. M. Metodologia para Seleção de Técnica de Fitorremediação em Áreas Contaminadas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 31, p. 97-104, 2014.
- NUZZI, V. Um rastro de chumbo na vida da gente de Santo Amaro.). **Revista Rede Brasil**, Rio de Janeiro, n. 87, p.26-29, 2013.
- PEREIRA, J. L.; ROHLFS, D. B. Exposição de populações a áreas contaminadas: avaliação de riscos como instrumento de gestão. 7 Amostra de Artigos de Saúde e Biológicas, PUCGOIAS, 2015.
- PERNAMBUCO, CPRH. **Instrução Normativa no 005, de 25 de setembro de 2006**. Disciplina o processo de licenciamento ambiental dos Postos Revendedores de Combustíveis localizados no Estado de Pernambuco, bem como os procedimentos a serem adotados em caso de vazamentos de combustíveis e constatação de passivos ambientais nos postos. Pernambuco, set. 2006.
- PERNAMBUCO. **Lei nº 14.249, de 17 de dezembro de 2010**. Dispõe sobre licenciamento ambiental, infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, e dá outras providências. Pernambuco, 17 dez. 2010.
- PRADO, D. F. B; **Poluentes Orgânicos Persistentes: a Dúzia Suja da Convenção de Estocolmo e a Realidade Brasileira**. 2017. Dissertação (Mestrado em Direito), Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, SP, 2017.
- RIBEIRO, A. C. A.; DORES, E. F. G. C.; AMORIM, R. S. S.; LOURENCETTI, C. Resíduos de pesticidas em águas superficiais de área de nascente do rio São Lourenço-MT: validação de método por extração em fase sólida e cromatografia líquida. **Revista Química Nova**. v. 36, n. 2, p. 284-290, 2013.
- ROSALES, R. M.; MARTÍNEZ-PAGÁN, P.; FAZ, A.; BECH, J. Study of subsoil in former petrol stations in SE of Spain: Physicochemical characterization and hydrocarbon contamination assessment. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 147, p. 306–320, 2014.
- RUIZ, M. S.; CABRAL JÚNIOR, M.; TANNO, L. C.; COELHO, J. M.; CORTÊS, P. L.; Desafios e Perspectivas da Produção de Areia Industrial. **Revista Olos**, Issn: 1807-1600, a. 29, v. 5, Natal, RN, 2013
- SANTOS, J. P. O. ; SILVA, E. V. L. ; SOUZA, A. L. ; EL-DEIR, S. G. . Economia Circular como Via para Minimizar o Impacto Ambiental Gerado Pelos Resíduos Sólidos. In: Rodrigo Cândido Passos da Silva, João Paulo de Oliveira Santos, Daniel Pernambucano de Mello, Soraya Giovanetti El-Deir.. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1ed.Recife: Edufrpe, v. 1, p. 8-17, 2018.
- SANTOS, T. C. G.; LIRA, E. B. S.; ALMEIDA, C. C. S.; EL-DEIR, S. G. . Apl como estratégia de gerenciamento dos resíduos sólidos de confecções do agreste pernambucano. In: João Paulo de Oliveira Santos; Rodrigo Cândido Passos da Silva; Daniel Pernambucano de Mello; Soraya Giovanetti El-Deir. (Org.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. 1ed.Recife: Edufrpe, , v. 1, p. 163-173, 2018.
- SILVA, V. B.; CRISPIM, J. de Q; Um Breve Relato sobre a Questão Ambiental, Rev. GEOMAE Campo Mourão, PR, v.2, n.1 p.163 – 175, 2011, ISSN 2178-3306

STIVAL, R. I; BELMIRO, V J. C.; FERNANDES, V. Responsabilidade Solidária: um importante instrumento para as políticas públicas ambientais, Revista de Políticas Públicas, vol. 17, n. 2, julho-diciembre, 2013, pp. 445-446, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil

TERAMOTO, E. H.; **Estudo da efetividade da atenuação natural de compostos BTEX em área contaminada por querosene de aviação**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2015.

VIOTTI, M. A. P. Biorremediação de solo contaminado por óleo lubrificante usado em biopilha de bancada. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, n. 34, p. 5-14, 2017.

1.3. IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA DUPLICAÇÃO DA RODOVIA AL-145 NO MUNICÍPIO DE DELMIRO GOUVEIA-AL

OLIVEIRA, Renata Luzia Cavalcante de
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
renata.cavalcanteo41@gmail.com

MENEZES, Samara Kathyanne de Oliveira
UFAL
samarra.kathyanne@hotmail.com

ANDRADE, Carlla Rafaella de Barros
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
carlla.rafaella@hotmail.com

PASSOS, Bruno Conde
UFAL
bcondepastos@gmail.com

RESUMO

A avaliação dos impactos ambientais gerados no sistema rodoviário é de extrema importância para os meios físico, biótico e antrópico. No município de Delmiro Gouveia-AL, localizado no alto sertão alagoano, está sendo realizada a duplicação do trecho da rodovia AL-145. Tal estudo visa minorar a atenuação dos impactos causados pelas ações de projeto que são desenvolvidas, por meio de dois métodos de AIA: Check-list e Matriz de Interação. Com desenvolvimento ocorrido no Brasil nos últimos anos sentiu-se a necessidade de construção e melhorias dos modais rodoviários, de modo a maximizar as atividades de mobilização, seja de pessoas ou produtos. Sabe-se que a construção e as atividades de melhoramento e manutenção de infraestrutura rodoviária causam significativos impactos ambientais em todas as suas fases, desde a concepção até a fase de operação. As obras rodoviárias influenciam diretamente no desenvolvimento socioeconômico local, sendo um impacto positivo, porém as atividades acabam gerando diversos impactos negativos aos meios físico e biótico. Percebe-se então a necessidade de um estudo prévio dos possíveis impactos ambientais gerados pelas atividades e o monitoramento das ações mitigadoras desenvolvidas para a contenção e minimização desses impactos.

PALAVRAS-CHAVE: Infraestrutura Rodoviária, Medidas mitigadoras, Diagnóstico Ambiental.

INTRODUÇÃO

De acordo com Cremonez (2014 p, 1) a constatação dos efeitos, em geral negativos, causados ao meio ambiente através de atividades antrópicas, fez com que fossem criadas normas e condições básicas para que um empreendimento possa apropriar-se de uma área em determinado espaço, visando que não cause significativas modificações ao meio ambiente, tal como preserve os recursos naturais. Neste contexto, formularam-se os métodos de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), que por excelência se dedicam a fazer predições dos efeitos de um determinado empreendimento a curto, médio e longo prazo.

A introdução da AIA no Brasil veio após a reunião sobre meio ambiente promovida pela ONU, em Estocolmo (1972), em que os efeitos negativos da ação do homem sobre o ambiente passam a ser considerados e reconhece-se a necessidade de controlá-los. Esta introdução ainda envolve as instituições e agências multilaterais de desenvolvimento que passaram a adotar regulamentos e requisitos para a verificação dos efeitos ambientais negativos decorrentes dos projetos em financiamento (DMA, 2017; apud FERNANDES et al.).

Para Moraes e Santos (2004, p.2) “as organizações passaram a incorporar, com distintos graus de consistência, a variável ambiental no desenvolvimento e implantação de seus projetos”. Os meios de transporte são o reflexo da sociedade. Conforme o homem evoluía, a maneira de se transportar se transformava. Primeiro, a necessidade o fez pensar em meios básicos para ajudá-lo a construir botes para atravessar rios e usar animais como força de tração. Depois, a ciência o auxiliou: foram construídos meios de transportes mais rápidos, mais seguros e que chegavam cada vez mais longe, a ponto de o homem conseguir chegar ao espaço.

As autovias permitem reorganizar os fluxos de uma cidade e possibilitam novas formas de expansão. Interligam municípios, estados e nações, e propiciam o desenvolvimento econômico da região. Porém, as ações realizadas pela construção e reestruturação de rodovias ocasionaram impactos em todo o meio ambiente, tornando-se um empreendimento complexo, passível de questionamentos e avaliações. A escolha do método para a avaliação de impactos ambientais, a esfera do empreendimento, os profissionais da equipe multidisciplinar e a responsabilidade (do Governo ou de empresas privadas) auxiliam nas decisões finais da avaliação e por isso, elas são passíveis de questionamentos. (Ciência e Natureza, 2013, p. 209, apud BRITO; VASCONCELOS; OLIVEIRA)

Os métodos de avaliação de impacto ambiental (AIA) servem de referência nos estudos ambientais para se determinar de forma mais precisa a significância de uma alteração ambiental. Também são usados para padronizar e facilitar a abordagem do meio físico, que em geral leva em consideração vários aspectos. Esses métodos são instrumentos utilizados para coletar, analisar, comparar e organizar informações qualitativas e quantitativas originadas de uma determinada atividade modificadora do meio ambiente, em que são consideradas, também, as técnicas que definirão a forma e o conteúdo das informações a serem repassadas aos setores envolvidos. Para Dezordi et al. (2017, p. 2) “os custos ambientais são decorrentes de atividades executadas para determinar se produtos, processos e outras ações dentro das organizações estão cumprindo as normas ambientais apropriadas”.

A incorporação dos conhecimentos técnico-científicos à avaliação de impacto ambiental exige a utilização de técnicas e modelos específicos de análise da vulnerabilidade, sensibilidade de cada fator natural, como solo, clima, águas superficiais, águas subterrâneas, biótipo, e do potencial de danos representados por cada atividade humana.

Essa ferramenta é imprescindível para correta mensuração dos impactos relacionados a uma obra civil, sendo fundamental para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), definido pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 01/86, como o conjunto de estudos realizados por especialistas de diversas áreas, com dados técnicos detalhados. O EIA, inclusive, é documento essencial para o atual procedimento de licenciamento ambiental brasileiro. Para Almeida et al. (2016, p.4) “o desenvolvimento econômico, a degradação

ambiental provocada por eles, constitui uma problemática que durante as fases de planejamento, construção e operação da rodovia”.

O presente estudo visa avaliar os impactos ambientais gerados pela duplicação do trecho da rodovia da AL-145, localizado na cidade de Delmiro Gouveia, alto sertão Alagoano, utilizando-se diferentes métodos de avaliação. Listando e quantificando impactos, nas diferentes fases do empreendimento rodoviário. Propondo ações mitigadoras aos principais impactos identificados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O Brasil é um país de dimensões continentais e apesar de ter uma costa marítima e uma bacia hidrográfica perfeitamente navegáveis, elas são muito pouco exploradas para a logística. Historicamente, o transporte rodoviário sempre foi dominante, com reduzidos investimentos às modalidades ferroviária e fluvial.

As transformações no ambiente natural passaram a ser mais intensas, a partir do momento em que o ser humano deixou de ser nômade e passou a residir em locais fixos, e com o desenvolvimento de novas tecnologias as mudanças passaram a ser muito mais rápidas e radicais. A partir da primeira revolução industrial em que as cidades se tornaram ambientes degradados, e mais recentemente com a crise no campo, o ser humano começou a buscar melhores condições nos centros urbanos sendo estes mais tarde transformados em grandes aglomerados urbanos. (REFJAV, 2013; apud JUNIOR; FREIRE)

De acordo com Holanda et al. (2018), desde os primórdios a humanidade vem modificando o espaço natural para atender suas mais diversas necessidades, entre elas, a demanda por moradia. Com o aumento populacional e crescimento das cidades, a falta de planejamento urbano fez com que os impactos advindos das atividades antrópicas aumentassem de forma considerável na maioria dos setores industriais, dentre eles o da construção civil.

Na antiguidade, foram construídas estradas, pavimentadas com pedras, para facilitar a passagem dos veículos para diversos fins (construção civil, comercial, político, social etc.). Os primeiros povos a construir estradas foram os egípcios, mas com certeza os que mais se destacaram foram os romanos, que tinham como intenção ligar Roma aos territórios dominados pelo seu grandioso império (SOUZA, 2018).

Para Panazzolo et al. (2015, p. 1-8) “a Gestão Ambiental de Rodovias visa implantar medidas, ao longo da instalação do empreendimento, que compensem, minimizem ou evitem esses impactos ambientais”.

Atualmente a área ambiental está em avanço, isso principalmente devido ao surgimento de legislação, profissionais técnicos e literatura especializada no assunto. Os avanços no tratamento ambiental de rodovias também estão relacionados à incorporação da variável ambiental na rotina de trabalho dos órgãos rodoviários, à maior fiscalização dos órgãos ambientais competentes, à difusão de manuais técnicos contendo instruções ambientais para projetos e obras rodoviárias, à avaliação econômica das medidas de controle ambiental e quantificação dos custos ambientais de projetos, da implantação, e da manutenção de rodovias e à progressiva implantação de programas de recuperação do passivo ambiental em diversas rodovias do país.

A proposição de alternativas mais viáveis ambientalmente é considerada um dos princípios de boas práticas da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA). Sem um estudo de alternativas, a AIA pode se reduzir à proposição de medidas mitigadoras de impactos que poderiam ser evitados. Apesar do crescente interesse acadêmico, ainda são poucos os estudos que trataram das alternativas locais, sobretudo no setor de transporte rodoviário. (DMA, 2017, p. 1 apud FERNANDES et al.)

Para Moraes e Aquino (2016), “em geral, a AIA ainda possui fragilidades em diversos países, principalmente pelo uso dessa ferramenta apenas para obtenção de uma certificação ambiental e não como um meio a proteção do ambiente e desenvolvimento sustentável”.

Com finalidade de atender os padrões estabelecidos pela Resolução os impactos ambientais negativos causados pela implantação e operação do empreendimento devem ser previstos, bem como a correção através de medidas mitigadoras e compensatórias dos danos causados ao ambiente, com a introdução de práticas adequadas à gestão ambiental. Para Mondelli e Tashima (2017), a política nacional de resíduos sólidos (PNRS) estabelece uma hierarquia de ações para gestão ambientalmente adequada dos mesmos: primeiramente, a não geração, em seguida, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e, por fim, a disposição final dos rejeitos.

METODOLOGIA

O município de Delmiro Gouveia fica localizado na mesorregião do Sertão do Estado de Alagoas, como mostra a (Figura 1), é a única cidade Alagoana limitada por três estados diferentes: Bahia, Pernambuco e Sergipe; de acordo com IBGE (2018) no ano de 2016 apresentou uma área territorial de 626,690 Km².

Figura 1. Localização do município de Delmiro Gouveia-AL.



Fonte: BAIXAR MAPAS (2018).

Apesar de ser uma cidade relativamente nova, se comparada a outras cidades brasileiras, Delmiro Gouveia apresenta-se em constante desenvolvimento e crescimento populacional. De acordo com o IBGE (2018), no último censo demográfico o município apresentou uma população de 48.096 habitantes no ano de 2010, com estimativas de 52.306 habitantes para o ano de 2016 e densidade demográfica de 79,13 hab/km². Para a elaboração do diagnóstico ambiental, a identificação dos prováveis impactos ambientais, positivos e negativos, nas fases de planejamento, instalação e operação da obra rodoviária em questão, foram realizadas também visitas *in loco*, registros fotográficos e a caracterização dos meios físico, biótico e antrópico.

De acordo com Neves e Henkes (2013), conforme a população evoluiu, pôde-se compreender a importância dos meios físico e biótico, entendendo-se que, os recursos naturais são finitos, e desta forma evitar os erros do século passado, com projetos executados a qualquer custo, quando muitas rodovias foram construídas à custa dos assoreamentos de cursos d'água ou com grandes supressões de vegetação, que resultaram em florestas extintas e por consequência a extinção também de algumas espécies da fauna brasileira. Para Marinho (2015), “diante de tantos problemas ambientais verificados no Brasil, urge a necessidade da consciência pela responsabilidade socioambiental por parte de todos os segmentos envolvidos na cadeia produtiva da construção civil”. Um dos métodos mais utilizados, de avaliação de impacto ambiental, é a Matriz de Interação, onde cada célula corresponde a uma alternativa e impacto particular. Onde

as variáveis e efeitos considerados dependem das características do projeto e do conjunto das variáveis analisadas. A escolha desses métodos se deve à simplicidade e facilidade bem como a boa visualização proposta pelas Matizes de Interação. Para uma melhor visualização, a Matriz de Interação representada a seguir, de forma bidimensional, apresenta a avaliação das atividades e ações impactantes que foram avaliadas em relação aos meios físico, biótico e antrópico. Onde os impactos foram avaliados como positivo ou negativo e quanto a sua importância: grande, médio e pequeno; como descrito na legenda a seguir:

-  Grande Impacto Positivo
-  Médio Impacto Positivo
-  Pequeno Impacto Positivo
-  Grande Impacto Negativo
-  Médio Impacto Negativo
-  Pequeno Impacto Negativo
-  Impacto Positivo e Negativo

Tabela 1: Matriz de Interação

AÇÕES IMPACTANTES		IMPACTOS AMBIENTAIS												
		MEIO FÍSICO												
		Modificação da drenagem natural	Erosão	Contaminação do solo	Alteração dos parâmetros do solo	Destruturamentos	Aumento no nível de ruído	Polluição atmosférica	Degradação de áreas envolventes à rodovia ou utilizadas durante a construção	Alteração da paisagem natural	Alteração no perfil das encostas	Alteração na qualidade da água	Geração de resíduos sólidos	Risco de acidentes ambientais com cargas perigosas
Instalação	Estudos de viabilidade													
	Instalação e operação de alojamentos													
	Instalação e operação do canteiro de obras													
	Operação de máquinas e equipamentos													
	Limpeza de terrenos													
	Terraplanagens, empréstimos e bota-foras													
	Exploração de materiais de construção													
	Aumento no tráfego de veículos													
	Aberturas de caminhos de serviço													
	Desapropriação de posse na faixa de domínio													
	Contratação de mão de obra													
	Execução de obras de drenagem e obras de arte													
	Execução do pavimento													
Operação	Operação da rodovia													

Fonte: Autora (2018).

Tabela 2. Matriz de Interação

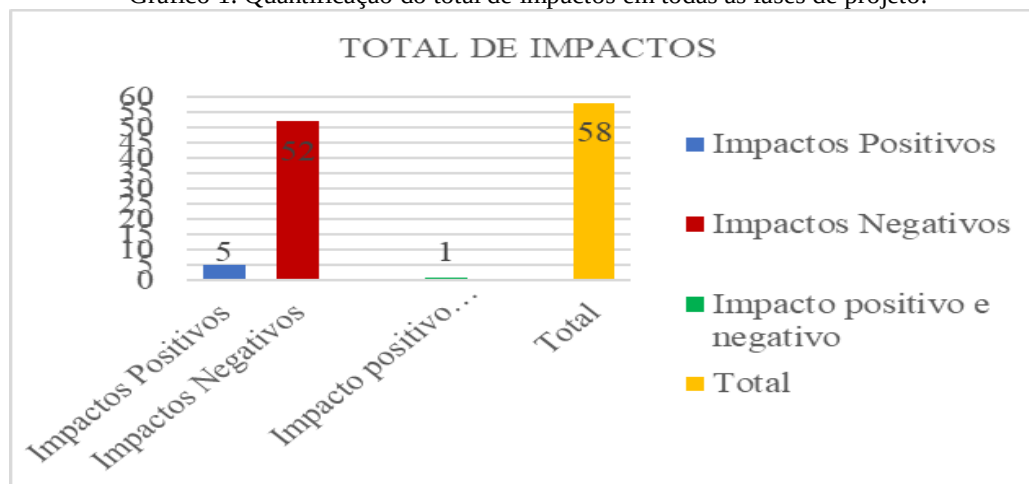
AÇÕES IMPACTANTES		IMPACTOS AMBIENTAIS											
		MEIO BIOTICO					MEIO ANTROPICO						
		Aumento no número de acidentes envolvendo animais	Perda de espécies vegetais	Alteração/fragmentação de habitats	Perda de espécies animais	Interferência na circulação e movimentação de animais	Geração de emprego e renda	Melhoria da infra-estrutura	Reassentamentos de sordenados	Perdas produtividade	Especulação imobiliária	Geração de conflitos de uso e ocupação do solo	Transmissão de doenças infecto-contagiosas
Instalação	Estudos de viabilidade						●					●	
	Instalação e operação de alojamentos												
	Instalação e operação do canteiro de obras		●										
	Operação de máquinas e equipamentos												
	Limpeza de terrenos		●		●								
	Terraplanagens, empréstimos e bota-foras		●										
	Exploração de materiais de construção		●										
	Aumento no tráfego de veículos	●											
	Aberturas de caminhos de serviço		●	●		●			●	●			
	Desapropriação de posse na faixa de domínio					●			●		▲	●	
	Contratação de mão de obra						●						●
	Execução de obras de drenagem e obras de arte												
	Execução do pavimento												
Operação	Operação da rodovia	●					●	●	●		●		●

Fonte: Autora (2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas análises e nos resultados da Matriz de Interação, foi possível quantificar as relações entre as 14 ações com os seus respectivos impactos, deste modo foi quantificado um total de 58 impactos previsíveis para os meios físico, biótico e antrópico, durante as fases de implantação e operação da rodovia, como mostra o (Gráfico 1).

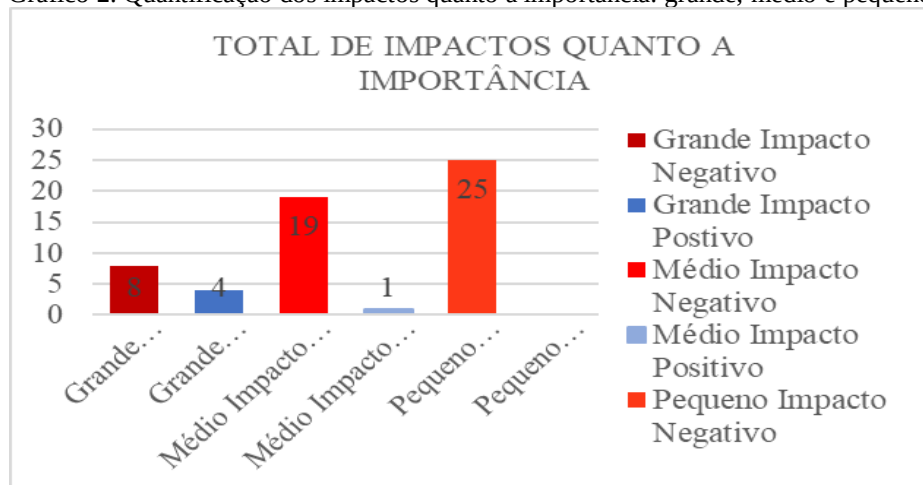
Gráfico 1. Quantificação do total de impactos em todas as fases de projeto.



Fonte: Autora (2018)

A quantificação dos impactos quanto a sua importância: grande, médio ou pequeno; sendo eles positivos e negativos, para todas as fases de projeto, apresentou os seguintes resultados, mostrados no (Gráfico 2).

Gráfico 2. Quantificação dos impactos quanto a importância: grande, médio e pequeno.



Fonte: Autora (2018).

Pode-se perceber que o número de impactos negativos é bastante expressivo, com uma vasta diferença em relação aos impactos positivos. Porém, percebe-se também que cerca de 48% dos impactos negativos são de pequena importância, ou seja, quase metade dos impactos, se tomado os devidos cuidados é possível controlar os seus efeitos.

Medidas Mitigadoras e Compensatórias

De acordo com Tavares et al. (2016 p.36) a metodologia utilizada e os resultados obtidos comprovam servir como fontes importantes nas tomadas de decisões relacionadas às atividades exercidas permitindo identificar o grau das atividades impactantes e como auxílio para planos de medidas de mitigação para estes impactos. São várias medidas que podem ser tomadas diante deste assunto, algumas são citadas a seguir:

Instalação e operação do canteiro de obras

Para a instalação e operação do canteiro de obras deverão ser realizados serviços de remoção de cobertura vegetal e abertura de caminhos de serviço, serviços estes que poderão ocasionar erosão e contaminação do solo e conflitos de uso do solo. O fluxo de trabalhadores poderá ocasionar na geração de resíduos sólidos. Portanto, além da implantação do canteiro em local adequado e terrenos favoráveis, nestes locais deverão ser instalados dispositivos de coleta de resíduos.

Contratação de mão de obra

As atividades de implantação da rodovia gerarão renda, impostos e tributos, que contribuirão com economia local, bem como a geração de emprego, considerados impactos positivos. Porém aumentará também o potencial de atração de imigrantes, o que pode alavancar no aumento do risco de contágio de doenças e maior demanda de estrutura urbana, o que pode ocasionar no aparecimento de assentamentos inadequados. Portanto, o recrutamento de mão-de-obra local deverá ser controlada e estar de acordo com as questões de saúde e sociais.

Operação da rodovia

A abertura de tráfego acarretará na geração de impostos e fomento de atividades produtivas e de serviço, bem como melhorias na acessibilidade e nas condições de rolamento,

tanto no fluxo de pessoas como de mercadorias e produtos, de modo a incrementar a economia da região e desta forma melhorar as condições de vida, seno, desta forma, considerados efeitos benéficos. Porém acarretará também no aumento de emissão de gases e material particulado e pressão sonora, bem como do risco de acidentes com o aumento no fluxo de tráfego. Deverá haver então planos de controle de ruído e emissões atmosféricas, assim como monitorização e fiscalização dos limites de velocidade após a correta sinalização das faixas de rolamento.

CONCLUSÕES

No estudo de caso apresentado, que trata a Avaliação de Impactos Ambientais da obra da duplicação da rodovia AL-145, localizada no município de Delmiro Gouveia, deve-se atentar para a importância de cada impacto resultante. Por meio da matriz de interação, o número de impactos negativos, principalmente em relação ao meio físico e biótico, é bastante elevado.

Porém, se forem considerados os prováveis impactos decorrentes da obra da duplicação, sendo analisados os impactos positivos identificados no meio antrópico, estes, promoverão um desenvolvimento local de forma ordenada e estruturada. Deste modo, é inquestionável a importância da duplicação para os moradores da região.

Sugestão para trabalhos futuros

- Análise e diagnóstico dos impactos e verificação da eficácia e medidas mitigadoras implementadas;
- Análise do desenvolvimento socioeconômico evidenciado pelos impactos positivos da implantação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. L.; FERREIRA, A. P. N. L.; GALLARDO, A. L. C. F.; CLAUDIO, C. B., **Aplicação de Procedimentos de Avaliação de Impacto Ambiental no Aspecto Vegetação do Trecho Planalto da Duplicação da Rodovia dos Tamoios**. V SINGEP – Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, São Paulo, 2016.
- BRITO, T. S. A.; VASCONCELLOS, F. C. W.; OLIVEIRA, F. L. P, **Avaliação de impactos ambientais na rodovia MG - 010: Estudo de caso no vetor norte de Belo Horizonte (MG)**. Ciencia e Natura, p.207, 2014.
- CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ, P.A.; FEROLDI, M.; CAMARGO, M. P.; KLAJN, F.F.; FEIDEN, A., **Avaliação do Impacto Ambiental: Metodologias Aplicadas no Brasil**. REMOA/UFSM – Monografias Ambientais, 2014.
- DEZORDI, A. P. R.; VIEIRA, E. P.; SAUSEN, J. O., **Impactos nos Custos Ambientais dos Resíduos Gerados na Construção Civil**. XXIV Congresso Brasileiro de Custos, Florianópolis – SC, 2017.
- DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Relatório de Impacto Ambiental das Obras de Adequação de Capacidade da BR 101- AL/SE/BA** 2006. Disponível em:<http://www.dnit.gov.br/download/meio-ambiente/acoes-e-atividades/estudos-ambientais/br-101-pe-al-se-ba.pdf>. Acesso em: 05 de março de 2018.
- FERNANDES, A. H. V.; CASSIANO, M. A.; GUIMARAES, T. C. S.; ALMEIDA, M. R. R., **Alternativas Locacionais em Avaliação de Impacto Ambiental de Rodovias Mineiras**. Desenvolvimento e Meio Ambiente – UFRN, 2017.
- HOLANDA, M. J. O.; XIMENES, T. C. F.; BATISTA, J. M.; LAFAYETTE, K. P. V, **Aspectos de Impactos Ambientais Provenientes de RCD em São Lourenço da Mata e Cabo de Santo Agostinho – PE**, EPERSOL 2018.

JUNIOR, E. F. O.; FREIRE, R. S., **Os Impactos Ambientais Decorrentes da Produção de Resíduos Sólidos Urbanos e seus Riscos a Saúde Humana**. Revista Eletrônica da Faculdade Jose Augusto Vieira, ANO IV – nº 08, set.2013.

MARINHO, J. L. A. **Tratamento de resíduos da construção civil: Parcerias de políticas públicas visando a sustentabilidade**. XI Seminário de Demandas Sociais e Políticas Públicas na Sociedade Contemporânea, 2015.

MMA – Ministério de Meio Ambiente. MANUAL DE IMPACTOS AMBIENTAIS: Orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/manual_bnb.pdf. Acesso em 01 de março de 2018.

MORAES, S. S. M.; SANTOS, E. M., **Avaliação de Impactos Ambientais (AIA): instrumento importante na sustentabilidade dos projetos rodoviários**. Revista da FARN, Natal, v.3, n.1/2, p. 45 - 58, jul. 2003/jun. 2004.

MORAES, C. M.; AQUINO, C. A.; **Avaliação de Impacto Ambiental: Uma Revisão da Literatura sobre as Principais Metodologias**. 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul, 2016

NEVES, F. E. S.; HENKES, J. A.; “A Gestão Ambiental Aplicada na Implantação de Rodovias no Estado de Santa Catarina: Um estudo de caso de três rodovias catarinenses e a implementação de um plano de proteção ambiental ao meio socioeconômico”. Monografia, 2013.

PANAZALLO, A. P.; VIEGAS, D.; SCHEN, D.; SAMPAIO, E.; DÁVILLA, G., **Monitoramento e Mitigação dos Impactos Causados a Fauna pela pelas Obras de Duplicação da BR-116/RS com o Auxílio do Infoambiente**. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Porto Alegre/RS, 2015.

SOUZA, J. P. M. **Meios de Transportes do Brasil. Geografia com Professor José Paulo**, 2018. Disponível em: <http://professorjosepaulogeo.blogspot.com.br/p/meios-de-transportes-no-brasil.html>. Acesso em: 25 mai. 2018.

STAMM, H. R.; **Método Para Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) em Projetos de Grande Porte: Estudo de Caso de uma Usina Termelétrica**. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Florianópolis-SC, 2003.

TASHIMA, G. H. M.; MONDELLI, G. **Reflexão sobre os conceitos de rejeitos na lei e na prática paulista**. EPERSOL, 2017.

TAVARES, N. S. G.; OLIVEIRA, M. V. G.; CORDEIRO, R. B.; CARDOSO, M. F. M., **Avaliação de Impactos Ambientais de uma Indústria de Plástico no Município de Gravata – PE**, EPERSOL 2018.

1.4. CARACTERIZAÇÃO E BIODISPONIBILIDADE DE METAIS NO MANGUE DA FOZ DO RIO MEIRIM, MACEIÓ-AL

BARROS, Alexandre B.
Instituto Federal de Alagoas (IFAL)
alexandrebarros_tm@hotmail.com

AZEVEDO, Joaquim Alexandre M.
IFAL
jazevedo951@gmail.com

BASTOS, Adelmo Lima
IFAL
adelmobastos@gmail.com

NASCIMENTO, Velber Xavier
Centro Universitário CESMAC
velberxavier@gmail.com

RESUMO

O manguezal é um importante ecossistema de transição entre o ambiente marinho e terrestre, localizado em regiões tropicais e subtropicais com temperaturas médias acima de 20°C. Nos últimos 20 anos, a poluição dos recursos hídricos tem levado ao estudo dos ecossistemas costeiros, que são importantes para preservação e equilíbrio da vida. Dentre os contaminantes provenientes de descarga de efluentes industriais, urbanos e agrícolas, os metais pesados se destacam por não serem biodegradáveis. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas e os níveis ambientalmente disponíveis dos metais pesados: Cobre, Zinco, Chumbo, Cádmio, Crômio, Ferro e Manganês no solo de mangue da foz do Estuário do Rio Meirim no estado de Alagoas. Foram coletadas 10 amostras de solo de mangue na foz do rio Meirim. As amostras foram submetidas às análises de rotina para solos da Embrapa. Os metais foram extraídos pelo método Mehlich 1 e analisados por meio de espectrometria de absorção atômica. A granulometria revelou um solo com grandes teores de areia. Nas análises químicas foram encontrados nos sedimentos todos os metais propostos na pesquisa: Zinco 7,09 mg/kg, Cobre 0,89 mg/kg, Chumbo 3,92 mg/kg, Cádmio 0,56 mg/Kg, Crômio 1,36 mg/kg, Ferro 352,6 mg/kg e Manganês 3,9 mg/kg.

PALAVRAS CHAVE: Estuário, Contaminação ambiental, Sedimentos.

INTRODUÇÃO

O manguezal é um importante ecossistema de transição entre o ambiente marinho e terrestre, localizado em áreas abrigadas de regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, encontra-se distribuída entre os estados do Amapá até Santa Catarina (SILVA, 2011). No Estado de Alagoas os manguezais são encontrados praticamente em toda a faixa litorânea (CORREIA; SOVIERZOSKI, 2005).

Os solos do mangue são originários de sedimentos pelíticos (argila e silte), siltico-arenosos e arenosos (ZAHRA et al., 2014). Desenvolvidos a partir de sedimentos marinhos e fluviais com presença de matéria orgânica e que ocorrem em regiões de topografia plana na faixa costeira sob a influência constante do mar, sendo classificados segundo a Embrapa (2013), como “solos indiscriminados de mangue” e têm como principais características o elevado teor de sais e matéria orgânica, baixa consistência, condições de anoxia, coloração cinza escuro e textura variando de argilosa a arenosa.

De acordo com Moreira (2014), nos últimos 20 anos, a poluição dos recursos hídricos tem levado ao colapso dos ecossistemas aquáticos costeiros, que são importantes para preservação e equilíbrio da vida. Os despejos industriais e urbanos lançados nestes ecossistemas têm sido objeto de discussão em todo mundo, pois provocam modificações ambientais, aumentando também a pressão sobre as áreas costeiras. Dentre os contaminantes provenientes de descarga de efluentes industriais, urbanos e agrícolas, os metais pesados se destacam por não serem biodegradáveis. Os metais introduzidos pelas atividades antrópicas, muitas vezes, excedem os aportes naturais, representando um risco para a saúde humana e dos animais (PRIETO et al., 2008). Ainda segundo o autor, estes quando lançados na água, podem agregar-se a outros elementos, formando diversos tipos de moléculas, as quais apresentam diferentes efeitos nos organismos devido a variações no grau de absorção pelos mesmos.

Os atributos do solo podem expressar as condições de preservação ou degradação dos manguezais, condições estas que estão diretamente relacionadas à distribuição e ao grau de desenvolvimento das espécies vegetais (ANDRADE, 2013). Desta forma, o estudo das características físico-químicas do solo e a avaliação de sua contaminação por metais pesados, constitui uma importante ferramenta para mensuração das condições de salubridade ambiental, que podem auxiliar no planejamento de ações de preservação, conservação e recuperação de áreas já degradadas bem como subsidiar estudos relacionados com o risco à saúde humana.

Essa pesquisa foi desenvolvida na foz do rio Meirim; importante rio do Estado de Alagoas. Sua bacia hidrográfica é ocupada pela monocultura da cana-de-açúcar no médio e alto vale, pela pecuária no médio e baixo vale e pela urbanização, na faixa litorânea. Encontra-se em seu vale o parque sucro-alcooleiro da Cachoeira do Meirim e já possuiu a indústria de tecidos de Saúde, hoje desativada.

Este trabalho teve como objetivo O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas e os níveis ambientalmente disponíveis dos metais pesados: Cobre, Zinco, Chumbo, Cádmio, Crômio, Ferro e Manganês no solo de mangue da foz do Estuário do Rio Meirim no estado de Alagoas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os manguezais são sistemas ecológicos que ocorrem nos litorais de continentes e ilhas que sofrem inundações periódicas por água salgada com predomínio nas regiões tropicais e subtropicais (SOARES, 2016). São constituídos por florestas cujas árvores e arbustos crescem nas águas rasas de maré de estuários e zonas costeiras. Neste ambiente de transição, os manguezais apresentam elevada complexidade estrutural e funcional em resposta às condições do

ambiente inundável, salgado, redutor, anóxico, e pelas alterações geomorfológicas (SCHAEFFER-NOVELLI, 2002).

Entretanto para Aguirre Rubí (2017), os manguezais fazem parte de um ecossistema costeiro de transição altamente complexo com um forte relacionamento com habitats vizinhos. Sua vegetação apresenta adaptações específicas que permitem desenvolver-se em ambientes de alta salinidade (MADI; BOEGER; REISSMANN, 2015).

Rico em biodiversidade o manguezal garante abrigo, alimento e proteção para a reprodução de inúmeras espécies marinhas e terrestres, devido ao acúmulo de material orgânico, característica importante desse ambiente (ANDRADE et al., 2012).

Esse ecossistema também tem sua importância em relação à dinâmica do ciclo do carbono, sequestrando este químico da atmosfera e armazenando-o nas árvores e seu sedimento (SPALDING et al., 2010). Donato et al. (2011) afirmam que pesquisas realizadas nas últimas décadas mostram que as florestas de manguezal estão entre as que mais sequestram carbono dentre as florestas tropicais. As florestas de manguezal compreendem apenas 0,7% das formações tropicais do mundo (GIRI et al., 2011), no entanto promovem um “enterro global” de carbono orgânico de cerca de 11% (DUARTE et al., 2005).

O solo é um corpo de material inconsolidado que cobre a superfície terrestre emersa, entre a litosfera e a atmosfera. É produto do intemperismo sobre um material de origem, cuja transformação se desenvolve em um determinado relevo, clima, bioma e ao longo do tempo. Essa condição o torna um sistema dinâmico, ou seja, o solo evolui, se desenvolve e se forma de maneira contínua no ambiente em que está inserido (EMBRAPA, 2013).

Os solos de mangue recebem a denominação de “solos indiscriminados de mangue” (EMBRAPA, 2013), e têm como principais características o elevado teor de sais e matéria orgânica, baixa consistência, condições de anoxia, coloração cinza escuro e textura variando de argilosa a arenosa.

As condições de salinidade do solo, de deposição constante de sedimentos e a oscilação das marés tornam o ambiente de mangue de difícil adaptação. Em virtude disso em todo o mundo existem apenas 28 gêneros e cerca de 70 espécies de mangues, das quais apenas 17 são exclusivamente deste habitat (LACERDA et al., 2006). Isso reflete uma baixa diversidade genética e aparentemente existem menos oportunidades para diversificação e seleção de material genético (DUKE et al., 1998).

No Brasil, o ecossistema manguezal pode ser representado por uma associação de espécies do gênero *Rhizophora*, *Avicennia*, *Lagunculária* e *Conocarpus*. Com certa frequência, também aparecem espécies do gênero *Hibiscus*, *Acrostichum* e *Spartina* (HERZ, 1991).

Segundo Instituto do Meio Ambiente de Alagoas, na região de Maceió, capital do estado, muitos manguezais ainda resistem à crescente expansão urbana, entre eles um dos raros mangues costeiros que se distribui paralelo à costa, tendo por um lado cordões arenosos formando praias (região de Ipioca), sucedido por baixios que formam meandros inundáveis pelas águas do mar durante a maré alta. Entre os mangues estuarinos tem-se nos rios Meirim, Pratagy, riacho Guaxuma, e riacho Jacarecica. Entre os lagunares destaque para o CELMM.

Não existe consenso na definição de “metal pesado”, de acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), citado por Duffus (2004), existe uma ampla tentativa de conceituar e definir o termo “metal pesado”, porém cada “metal” deve ser estudado separadamente de acordo com suas características químicas, biológicas e propriedade toxicológicas. Portanto adotaremos para o presente trabalho o termo metal pesado para definir os elementos com massa superior 5 g.cm⁻³ ou possuir número atômico maior que 20 (MALAVOLTA, 2006).

Os metais pesados têm sido apontados constantemente como contaminantes em solos de diversos ambientes estuarinos no mundo (LEWIS, 2011; BAYEN, 2012). Naturalmente, os teores de metais pesados são influenciados por mudanças litológicas, hidrológicas, geológicas (JAIN et al., 2007; ZAHRA et al., 2014). O acúmulo de metais pelos organismos pode ter efeito bastante abrangente via teia alimentar para diversos níveis tróficos de a cadeia alimentar. Este efeito culmina com a ocorrência das maiores taxas de contaminação nos níveis mais altos da teia trófica (SILVA, 2015).

Os autores Marques et al. (2017), afirmam que o descarte inadequado de Resíduos de equipamentos eletrônicos podem trazer prejuízos aos ecossistemas, principalmente, devido à presença dos metais pesados. Verifica-se ainda que uma parte da população não tem conhecimento da presença de substâncias tóxicas nos resíduos eletrônicos, principalmente os metais pesados, entretanto, esses continuam descartando os resíduos no lixo comum, contaminando os ecossistemas (AQUINO et al. 2017).

A agricultura, por exemplo, constitui uma das mais importantes fontes não pontuais de poluição por metais em corpos d'água. As principais fontes liberadoras são os fertilizantes (Cd, Cr, Pb, Zn), os pesticidas (Cu, Pb, Mn, Zn), os preservativos de madeira (Cu, Cr) e dejetos de produção intensiva de bovinos, suínos e aves (Cu, As, e Zn). (LIMA, 2013).

O acúmulo progressivo do metal pesado no solo pode atingir níveis de contaminação ou poluição (ALLOWAY, 1990), onde os riscos podem ser maiores se caso os poluentes sejam transferidos para o ambiente aquático (MELO; ALLEONI, 2009). A preocupação com o chumbo, por exemplo, se dá em vários níveis.

Enquanto na Comunidade Europeia, ainda no início dos anos 1990, a tônica da discussão remetia aos impactos do chumbo na saúde humana, o que resultou no banimento desse elemento na produção de equipamentos eletroeletrônicos; no Brasil, as discussões apontam ainda para o papel dos catadores nessa cadeia e, consequentemente, na renda e nos empregos gerados a partir da gestão desses materiais (LOPES et al., 2017, p. 152).

Para Guerra e Cunha (2013), a degradação da qualidade ambiental urbana em decorrência de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente torna-se cada vez mais presente e visível ao cotidiano nas cidades brasileiras, expostas a toda sorte de impactos e agressões, advindos principalmente da intensa concentração da população e o contínuo processo de urbanização e industrialização.

Com relação a descontaminação dos ambientes sobretudo os aquáticos, para Ahmad et al. (2014), o uso de biochar (junção de biomassa mais carvão, em inglês) como sorvente para tratamento de águas residuais, contendo metais pesados, é uma tecnologia de tratamento emergente e promissora. Park et al. (2016), afirma que o Biochar poderia potencialmente substituir carbonos ativados à base de carvão e coco como adsorvente de baixo custo para contaminantes.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Para a realização deste estudo foi selecionada a área de floresta de mangue na foz do rio Meirim, na região metropolitana de Maceió, capital do Estado de Alagoas. A foz do Rio Meirim localiza-se no bairro de Pescaria, litoral norte de Maceió. O ponto escolhido é georreferenciado pelas coordenadas 9°30'26" S e 35°37'14" W (Figura 1). O rio Meirim nasce no município de

Messias, zona da mata do Estado de Alagoas e corta praticamente toda a capital, Maceió, no sentido Oeste-Norte, até desaguar no Oceano Atlântico.

Figura 1: Local da coleta: Mangue próximo a foz do Meirim.



Fonte: Google Mapas (2017), adaptado pelos autores.

Coleta das amostras

Foram coletadas amostras de solo em 5 pontos da área estudada. As coletas foram realizadas no ano de 2017, nos meses de março e novembro. As coletas das amostras de solos seguiram a metodologia desenvolvida pela Embrapa (2011), com adaptações. As amostras de solo foram coletadas em “zig-zag” numa transeção estabelecida próxima à margem da área estudada e com diferentes graus de inundação. O espaçamento entre pontos foi de 10m. Em cada ponto houve a coleta de 4 amostras simples. Essas foram colocadas em um balde plástico previamente higienizado com água e sabão neutro. Foram homogeneizadas e transformadas em uma amostra composta. As amostras compostas tinham peso aproximado de 500g. As amostras foram armazenadas em sacos de plástico, etiquetadas e levadas ao laboratório para as análises. Os procedimentos de campo foram efetuados durante períodos de maré baixa com distância a partir de 2 metros da margem. As coletas foram realizadas com o amostrador específico para solos tipo Trado Holandês, fabricado em aço inox, da marca SoilControl.

Procedimentos laboratoriais

No laboratório as amostras foram secas em estufa a 40°C por aproximadamente 24 horas. Logo após foi realizado o destorroamento manual e com rolo de madeira. As amostras destorroadas passaram por um conjunto de peneiras com malha entre 20 mm e 2 mm. Após essa etapa as amostras foram separadas de acordo com o resultado da tamisação em sacos plásticos para serem pesadas e classificadas. Foi realizado a análise granulométrica por via úmida (EMBRAPA, 2011).

O sedimento foi caracterizado granulometricamente nas frações areia, silte e argila. A areia foi fracionada de acordo com granulometria, em areia grossa e areia fina. A obtenção dos teores de matéria orgânica foi realizada por via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e aquecimento (EMBRAPA, 2011). O pH foi verificado por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo/líquido (pH₂O).

Os metais estudados nesta pesquisa foram: crômio, cádmio, chumbo, além de cobre, zinco, ferro e manganês. Foram extraídos pelo método Mehlich 1, cujo mecanismo de ação é a dissolução ácida, sendo utilizados o ácido sulfúrico (H₂SO₄) e o ácido clorídrico (HCl) a relação solo: solução foi de 1:10. A quantificação dos metais foi realizada por meio de espectrometria de

absorção atômica com aparelho da Marca Analytik Jena modelo novA A300, no qual foram empregadas lâmpadas de cátodo oco, específicas para cada elemento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A granulometria revelou um solo como o predomínio de areia com média de 597,5 g/Kg de solo, correspondendo a 60% da composição do solo. A argila apresentou média de 287,6 g/Kg de solo correspondendo a 29% da composição. A média de silte foi de 115,5 g/Kg de solo o que corresponde a 11%. Os resultados revelam um solo da classe textural franco arenoso. O percentual de matéria orgânica (M.O.) presente nas amostras variou de 1,04% a 23,27% de M.O, apresentando uma média de 6,84%.

Os valores de MO apresentam ampla faixa de variação na literatura, sendo classificados como inorgânicos, devido aos teores obtidos estarem abaixo de 10% de M.O.(ESTEVES, 2011). Segundo Cantarella et al. (1992), os teores de metais no solo aumentam com o aumento da matéria orgânica, uma vez que esses metais podem ficar adsorvidos nas partículas coloidais de M.O e não ficarem “biodisponíveis”. A quantidade de M.O encontrada neste trabalho se enquadra na mesma faixa das determinações do trabalho de Corrêa et al. (2012), no qual foram encontrados teores de M.O variando entre 2,1 a 14,6 %. E estão bem abaixo dos determinados no trabalho de Silva et al. (2014) onde foram encontrados teores de MO entre 14,6 a 20,4 %.

O pH médio detectado foi de 8,1. Em valores absolutos houve uma variação de 6,3 a 8,6 entre os pontos amostrados. Comparando-se os valores de pH encontrados nesse estudo com outros trabalhos realizados em áreas de solos inundados como o de Silva (2015), que estudou os solos do estuário da Bacia do Parnaíba (Paraíba) com pH entre 6,5 a 8,5 e com o de Wang et al. (2016), em estudo realizado no manguezal da Reserva Nacional da China, onde detectou o pH dos solos variando entre 5,99 a 8,26, com média de 7,53, observa-se que os valores são convergentes.

Abaixo são apresentados (Tabela 1), os valores de referência elaborados pela “*Canadian Council of Ministers of the Environment*” (CCME, 2012), para concentrações de metais pesados em sedimentos em água, em solos inundados ou inundáveis. Esses valores referência são adotados pela Resolução nº 344 de 25 de março de 2004 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 344/04).

Tabela 1. Índices TEL (<i>ThresholdEffectLevel</i>) e PEL (<i>ProbableEffectLevel</i>),				
METAIS PESADOS mg/Kg	Água doce		Água salgada ou salobra	
	TEL	PEL	TEL	PEL
Cobre	35,7	197	34	270
Zinco	123	315	150	410
Chumbo	35	91,3	46,7	218
Cádmio	0,6	3,5	1,2	7,2
Crômio	37,3	90	81	370

Fonte: Resolução CONAMA 344/04 (BRASIL,2004).

*Adaptada: (CCME, 2012) e Resolução CONAMA344/04.

Os índices TEL e PEL representam os limites mínimos e máximos de probabilidade de ocorrência de efeito deletério sobre a biota. O menor limite - TEL (- representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos. O limite máximo - PEL representa o maior limite, a concentração acima da qual são frequentemente esperados efeitos adversos para os organismos.

O Cobre foi detectado com valor médio de 0,89 mg/Kg de solo do estuário do rio Meirim. Comparando-se essa concentração com os valores referência TEL e PEL, percebe-se que não há indicativos de possíveis efeitos a comunidade biológica. Essas concentrações estão abaixo também de valores encontrados em estudos semelhantes como Su & Yang (2008), que estabeleceram como valor de referência para solos na Ásia a concentração 5,1 mg/kg de cobre, e Wang et al. (2016), que detectou cobre na faixa entre 16,84 mg/kg a 26,66 mg/kg, em solos de mangue da Reserva Nacional da China.

Para o chumbo a detecção média foi de 3,92 mg/kg, o que verificasse ser bem abaixo dos índices referência. Abaixo também de índices observados por Wang et al. (2016) que detectou índices entre 36,7 a 44,02 mg/kg de chumbo e Quináia et al. (2009) avaliaram sedimentos superficiais em Guarapuava (PR), e registraram concentrações de chumbo variando entre 7 e 320 mg/kg de chumbo. A concentração de ferro detectada variou entre 2,55 mg/Kg a 609 mg/Kg, com valor médio de 352,6 mg/Kg. Na ausência de valores norteadores para o ferro, nos índices TEL e PEL, tomou-se como referência o limite estabelecido pela *Environmental Protection Agency* – EPA: Fe = 17000 mg/kg. Ficando as concentrações para o solo do rio Meirim muito abaixo da referência.

O zinco foi detectado média de 7,09 mg/kg, e variação em números absolutos de 0,2 a 12,14 mg/Kg de solo. Também bem abaixo dos valores referência, mas muito próximo de valores detectados por outros trabalhos como Coimbra et al. (2015), zinco na de 5,9 mg/kg a 281,0 mg/kg no estuário do rio Maracaípe em Pernambuco e Carvalho (2014), que detectou valores de zinco na faixa de 2,11 a 11,29 mg/kg no solo do manguezal da Ilha do Maranhão. Os resultados para o cádmio e crômio, também não foram muito diferentes dos demais, ambos ficando abaixo dos índices considerados preocupantes. A concentração média de cádmio foi de 0,56 mg/kg de solo, e a de crômio de 1,36 mg/Kg. O manganês é um metal que não apresenta valores referencias quanto a toxidez para biota em função de sua concentração solo. Ele foi detectado nos sedimentos do solo do rio Meirim em concentração média de 3,9 mg/Kg.

CONCLUSÕES

Os solos do rio Meirim apresentaram uma classificação textural franco arenosa, o que indica um alto índice de areia e sua constituição; este fato é comum em áreas de estuário, em especial de manguezais. Apesar da geoquímica dos metais ser bastante complexa, esse fato beneficia esses ambientes em relação a retenção de metais pesados, já que estes apresentam grande afinidade com sedimentos finos como os de argila.

As análises mostraram a presença dos 7 metais propostos na pesquisa Cu, Zn, Pb, Cd, Fe, Mn e Cr. Todos os metais foram detectados em concentrações dentro de limites aceitáveis para a comunidade biótica. Isso ficou claro ao se confrontar os resultados aos índices TEL e PEL, a resolução CONAMA 344/04 (BRASIL, 2004) e ao índice EPA.

Por fim, o estudo mostra que a análise dos sedimentos pode, portanto, contribuir para ações de monitoramento ambiental, subsidiando a implantação e desenvolvimento de políticas públicas que visem controlar o uso racional e sustentável dos recursos naturais das áreas do estuário.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS. Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas. **Cobertura vegetal do Estado de Alagoas e mangues de Alagoas**. Maceió: IMA, 2010.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1990.

ANDRADE, C. L. N. et al. Biogeoquímica da matéria orgânica e metais em um manguezal na zona estuarina urbana, Bahia, **Revista Geonomos**, v. 20, n. 2, p. 34-43, 2012.

ANDRADE, K. V. S. **A dinâmica físico-química dos solos de florestas de mangue do Estado de Sergipe**. 2013. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) –Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2013.

AGUIRRE-RUBÍ, J. R. et al. Chemical contamination assessment in mangrove-lined Caribbean coastal systems using the oyster *Crassostrea rhizophorae* as biomonitor species. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, p. 1–20, maio. 2017.

AHMAD, M. et. al. Biochar as a sorbent for Contaminant management in soil and water: a review. **Chemosphere**, v. 99, p. 19-23, mar. 2014.

AQUINO, J. G. Perigos relativos ao descarte inadequado de resíduos eletroeletrônicos domésticos. In: BEZZERA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. Recife: EDUFRPE, . p. 174-187, 2017..

BAYEN, S. Occurrence, bioavailability and toxic effects of trace metals and organic contaminants in mangrove ecosystems: A review. **Environment International**, v. 48, p. 84-101, nov. 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 344, de março de/2004. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 05 out. 2017.

CANTARELLA, H.; ABREU, C.A.; BERTON, R.S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO - PROBLEMAS E SOLUÇÕES, 1992, Botucatu. **Anais**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, p. 63-122, 1992..

CARVALHO, L. M. S. **A biogeoquímica de metais em sedimentos de manguezal na Ilha do Maranhão**. 2014. 83 f. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal do Maranhão, São Luiz, 2014.

FRANÇA, Canadian Council of Ministers of the Environment. **Canadian environmental quality guidelines**. França: CCME, 1999. Disponível em: <<http://ceqg-rcqe.ccme.ca>>. Acesso em: 13 ago. 2017.

COIMBRA, C. D. et. al. Determinação a concentração de metais traço em sedimentos do Estuário do Rio Maracáipe – Pe/Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology - BJASt**, Itajaí, v. 19, n. 2, p. 58-75, 2015.

CORREIA, M. D.; SOVIERZOSKI, H. H. **Ecosistemas marinhos: recifes, praias e manguezais**. Maceió: EDUFAL, 2005.

CORRÊA, L. B. **Distribuição e fracionamento de metais traço nos sedimentos dos rios Anil e Bacanga, São Luís – MA**. 2012. 82 f.. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2012.

DONATO, D. C. et. al. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. **Nature GeoScience**, n. 4, p. 293-297, abr. 2011.

DUARTE, C.; MIDDELBURG, J.; CARACO, N. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. **Biogeosciences**, v. 2, p. 1-8, fev. 2005.

DUFFUS, H. S. “Heavy Metals”—A Meaningless term International union of pure and applied chemistry and human heal division clinical chemistry section commission of toxicology mistry section, comission on toxicology. **Pure and Applied Chemistry**, Oxford, v. 74, n. 5, p. 793–807, 2004.

DUKE, N. C.; BALL, M. C.; ELLISON, J. C. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. **Global Ecology and Biogeography Letters**, v. 7, n. 1, p. 27-47, jan. 1998.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2011.

SANTOS, H. G. S. et. al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 2013.

- ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- GIRI, C. et. al. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. **Journal Article**, v. 20, n.1, p. 154-159, jan. 2011.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.
- HERZ, R. **Manguezais do Brasil**. Instituto Oceanográfico. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1991.
- JAIN, C.; MALIK, D.; YADAV, R. Metal fractionation study on bed sediments of Lake Nainital, Uttaranchal, India. **Environ Monit Assess**, v. 130, p. 129–139, 2007.
- LACERDA, L. D. et. al. **Atlas dos manguezais do Nordeste do Brasil**: avaliação das áreas de manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Ceará: Universidade Federal do Ceará, 2006.
- LEWIS, M.; PRYOR, R.; WILKING, L. Fate and effects of anthropogenic chemicals in mangrove ecosystems: A Review. **Environmental Pollution**. v. 159, p. 2328 – 2346, 2011.
- LIMA, D. P. **Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Amazônia Brasil**. 2013, 147 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropicla)-Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013.
- LOPES, L. M. M. et. al. Lixo eletrônico arrecado nos anos 2014 e 2015 em municípios do agreste e do sertão de Pernambuco. In: BEZZERA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 150-162.
- MADI, A. P. L. M.; BOEGER, M. R. T.; REISSMANN, C. B. Chemical composition of soil and leaves and nutrient use efficiency of mangrove species. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 5, p. 433-438, 2015.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MARQUES, J. F. et. al. Gerenciamento de lâmpadas fluorescentes após projeto de iluminação led; case do escritório da acumuladores Moura (Recife-PE). In: BEZZERA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. Recife: EDUFRPE, . p. 163-173, .2017.
- MELO, E. V. F.; ALLEONI, L. R. F. **Química e mineralogia do solo**. Viçosa-MG: SNCS, 2009.
- MOREIRA, C. C. L. **Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos de mangue do Estado do Ceará**: subsídios para gestão da zona costeira. 2014, 164f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- QUINÁIA, S. P.; CAVAGNOLI, A. R.; MARTINS, V. J. Avaliação da Distribuição de Cr, Pb e Cu em sedimentos superficiais. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 11, n.1, p. 50-66, 2009.
- PARK, J. et al. Chemosphere Competitive adsorption of heavy metals onto sesame straw biochar in aqueous solutions. **Chemosphere**, v. 142, p. 77–83, 2016.
- PRIETO, A. et. al. Levels and spatial distribution of inorganic and organic contaminants in sediments along the Bilbao estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 56, n. 12, p. 2094-2099, 2008.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal, marisma e apicum (Diagnóstico Preliminar). In: FUNDAÇÃO IO-RIO. **Avaliações e ações prioritárias para conservação da biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha**. Brasília: MMA/SBF, 2002.
- SILVA, G. S. et. al. Distribution and Fractionation of Metals in Mangrove Sediment from the Tibiri River Estuary on Maranhão Island, Amazon Region. **Revista Virtual Química**, v. 6, n. 2, p. 323-336, 2014.

SILVA, P. P. G. **Contaminação por metais (Cd, Cu, Pb, Cr, Mn e Hg) e avaliação do impacto genotóxico em *Ucidescordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ucididae), em dois manguezais do Estado de São Paulo**. 2011, 62 f. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Ciências Biológicas)-Universidade Estadual Paulista, São Vicente, 2011.

SILVA, W. M. **Metais pesados em solos de manguezais em estuários da bacia Paraíba, Nordeste do Brasil**. 2015, 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

SOARES, M. S. **Análise do estado de conservação do Manguezal do Rio Sergipe**. 2016, 104 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

SPALDING, M.; KAINUMA, M.; COLLINS, L. **World Atlas of Mangrove**. London: Earthscan Publications. 2010.

SU, Y. Z.; YANG, R. Background concentrations of elements in surface soils and their changes as affected by agriculture use in the desert-oasis ecotone in the middle of Heihe River Basin, North-west China. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 98, n. 3, p. 57-64, 2008.

WANG, J. et. al. Environmental and Ecological Risk Assessment of Trace Metal Contamination in Mangrove Ecosystems: A Case from Zhangjiangkou Mangrove National Nature Reserve, China. **BioMed Research International**, p. 1-14, jan. 2016.

ZAHRA, A. et. al. Enrichment and geo-accumulation of heavy metals and risk assessment of sediments of the KurangNallah—Feeding tributary of the Rawal Lake Reservoir, Pakistan. **Science of the Total Environment**, v. 470–471, p. 925–933, 2014.

1.5. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: UM RISCO PARA AVIAÇÃO BRASILEIRA

GUEDES, Flávio Leôncio
Força Aérea Brasileira (FAB)
guedsflav@gmail.com

GUSMÃO, Amanda Cristina Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
amanda.cristina.gusmão@gmail.com

SILVA, Rafaela de Sá Oliveira
UFRPE
oliveirarafaela765@gmail.com

DE SOUZA, Paulo Sérgio
UFRPE
desouza_paulo@hotmail.com

RESUMO

A geração dos resíduos sólidos urbanos constitui um dos principais problemas atuais da sociedade. Devido à ocupação antrópica do entorno dos aeroportos e às deficiências na coleta, tratamento e destinação final, há abundante oferta de material orgânico. Os resíduos lançados em lugares inadequados podem atrair aves para as proximidades das pistas dos aeródromos, elevando assim, os riscos de colisões entre aeronaves e aves. A incidência de colisões entre aeronaves e aves tende a aumentar com o crescimento urbano. Segundo dados do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), somente no ano de 2015 foi reportado um total de 1733 registros de colisões com aves e 91 reportes de colisão entre aeronaves e outros tipos de animais no Brasil. Fez-se um levantamento de evidências desse risco, sua origem e ligação com os resíduos sólidos urbanos e a legislação que trata do assunto a fim de apresentar o risco potencial da disposição inadequada de resíduos oriundos da produção e do consumo humano em relação às colisões aéreas entre aeronaves e aves no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos urbanos, aviação, risco de fauna.

INTRODUÇÃO

A geração, tratamento e destinação dos resíduos sólidos urbanos estão entre os principais problemas atuais da sociedade. O volume de resíduos gerados, das mais diversas naturezas, em áreas urbanas tem crescido, determinando um processo contínuo de deterioração sócio-ambiental (NETO, 2007). O Brasil possui 5.570 municípios, desses, no ano de 2013, apenas 1.865 declararam possuir PMGIRS (Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos) nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Portal dos Resíduos Sólidos – PRS, 2018). E, de acordo com pesquisa da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), mais de 41% dos 78,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos gerados no país tiveram como destino lixões e aterros controlados e 3.334 dos 5.570 municípios brasileiros ainda mantêm lixões (ONB, 2015).

Os resíduos lançados em lugares inadequados, bem como a operação irregular de cortumes e matadouros, podem atrair aves para o local, elevando, desta forma, os riscos de colisões desses animais com aeronaves (Secretaria Municipal de Proteção ao Meio Ambiente (AL) - SEMPMA, 2015). Em alguns aeroportos, o problema é maior porque existem focos de atração das aves nas proximidades, como locais destinados a depósito de lixo, aterro sanitário e indústrias, que são potenciais atrativos. Risco Aviário ou Risco de Fauna é o risco potencial de colisão de uma aeronave com uma ave ou com outro animal nas imediações do aeródromo. A probabilidade de colisão de aeronaves com aves é dada em função da quantidade de aves presentes nas rotas de vôos e do número de vezes que estes elementos se cruzam no espaço aéreo (ANAC, 2016).

Colisões entre aeronaves e aves ocorrem principalmente em áreas urbanas (BASTOS, 2010), pois nestas regiões as aeronaves ocupam a mesma parcela de espaço aéreo usado pelas aves e a oferta de alimento em excesso estimula as aves a frequentarem essas áreas (GUEDES, 2011). Segundo dados do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA, 2015), somente no ano de 2015 foi reportado um total de 1733 registros de colisões com aves e 91 reportes de colisão entre aeronaves e outros tipos de animais no Brasil.

Considerando que o número de espécies de aves do Brasil reconhecidas pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos continua a crescer a cada ano, variando em torno de 1.919 (CBRO, 2015) e a presença de aves nos aeroportos pode ser atribuída a diversos fatores como a busca por alimento, água, refúgio (abrigo ou descanso) ou áreas para nidificação (OACI, 1991), o risco da fauna relacionado aos resíduos urbanos é motivo de preocupação para as autoridades aeroportuárias e governamentais, para evitar as colisões, ou diminuir os prejuízos causados por elas, tanto no aspecto material, quanto no humano. O trabalho tem como proposta apresentar possíveis riscos da disposição inadequada de resíduos oriundos da produção e do consumo humano e relacioná-los ao risco de acidentes aéreos entre aves e aeronaves no Brasil.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Política nacional de resíduos sólidos (PNRS)

A Lei nº 12.305/10, que institui a PNRS, é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos:

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

A PNRS prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

Resíduos sólidos urbanos (RSU)

De acordo com a fonte geradora, os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU, de acordo com a norma NBR 10.004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT), comumente conhecidos como lixo urbano, são resultantes da atividade doméstica e comercial dos centros urbanos. A composição varia de população para população, dependendo da situação socioeconômica e das condições e hábitos de vida de cada um. Dos RSU oriundos de atividades domésticas, cuja produção varia entre 0,5 e 1 kg por hab/dia, a maioria são resíduos orgânicos, cerca de 50% a 60%, incluindo-se os considerados não recicláveis (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, 2018), e em 2º lugar estão papéis e papelões, principalmente onde há atividade de escritórios, seguidos por plásticos, metais, vidros e outros materiais diversos. Já os resíduos comerciais possuem composição variável de acordo com o tipo de comércio gerador.

Estima-se que cada pessoa produza, em média, 1,3 kg de resíduo sólido por dia (MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO ESTADO DE GOIÁS – MPUGO, 2018). Dessa forma, uma pequena cidade de apenas dez mil habitantes produziria cerca de dez toneladas de lixo diariamente. De acordo a ABRELPE (2018), estima-se que, no Brasil, são geradas aproximadamente 198 mil toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos, o que equivale a aproximadamente 62 milhões de toneladas anuais, dos quais, cerca de 90% são coletados, o que equivale a aproximadamente 180 mil toneladas por dia.

Risco aviário

Para Beni (2017), risco aviário ou risco de fauna é o risco de colisão entre uma aeronave e uma ou mais aves (Figura 2), em determinada porção do espaço aéreo ou no solo. É composto por duas variáveis: gravidade da colisão e probabilidade da colisão.

A aviação e o meio ambiente

A OACI – Organização Internacional de Aviação Civil entende que os efeitos adversos ao meio ambiente provocados pela aviação podem ser reduzidos através da integração entre a melhoria das inovações tecnológicas, adoção de procedimentos operacionais apropriados, organização do tráfego aéreo, planejamento e gerenciamento eficaz do uso do solo em aeroportos e adoção de padrões equitativos de medição (OACI, 2004). A ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil - é o órgão regulador das atividades de aviação civil no Brasil, desenvolve suas atividades em conformidade com as orientações da OACI e acordo com a legislação nacional.

O COMAER - Comando da Aeronáutica é o órgão subordinado ao Ministério da Defesa que administra as unidades aéreas, bases aéreas e diversos outros órgãos relacionadas com o funcionamento e administração da aviação brasileira, tanto civil como militar, e da pesquisa e desenvolvimento aeroespacial (FAB, 2018). A INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura aeroportuária, empresa pública da administração indireta, vinculada à SAC - Secretaria de Aviação Civil, cujas ações refletem direta, embora não exclusivamente, no gerenciamento ambiental dos aeroportos que administram no país. Possui por meta ambiental: assegurar o cumprimento de normas e padrões de proteção ao meio ambiente na operação, manutenção e expansão dos aeroportos, visando a minimização e prevenção dos impactos ambientais que possam ser provados por suas atividades (INFRAERO, 2018).

Plano de gerenciamento de resíduos nos aeroportos

A resolução nº 005 de 05 de agosto de 1993 do Conama, define normas e procedimentos mínimos para o tratamento e gerenciamento de resíduos sólidos proveniente dos aeroportos e torna obrigatória a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, contemplando os aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final, bem como a proteção à saúde pública (MMA, 2006 – Ministério do Meio Ambiente). O aeroporto fica responsável pelos resíduos desde sua geração até disposição final, devendo procurar dar uma destinação que conduza à reciclagem e ao encontro de soluções integradas e/ou consorciadas para fins de seu tratamento e destinação final (MMA, 2006). O programa ainda é regulado por diversos diplomas legais emitidos pelo próprio Conama, pela Anvisa – Agência de Vigilância Sanitária, pelo Ministério da Agricultura e por outros instrumentos como as normas brasileiras.

METODOLOGIA

Caracteriza-se este estudo como um processo de pesquisa com um estudo exploratório sobre o tema. A pesquisa exploratória, que pode ser realizada através de diversas técnicas, permite ao pesquisador definir o seu problema de pesquisa e formular a sua hipótese com mais precisão, ela também lhe permite escolher as técnicas mais adequadas para suas pesquisas e decidir sobre as questões que mais necessitam de atenção e investigação detalhada, e pode alertá-lo devido a potenciais dificuldades, as sensibilidades e as áreas de resistência.

Os dados estatísticos foram coletados em publicações referentes ao tema como também junto a OACI (Organization Aviation Civil International), CENIPA (Centro De Investigação E Prevenção De Acidentes Aeronáuticos) e FAA (Federal Aviation Administration).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Área de segurança aeroportuária (ASA)

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, com participação ativa do CENIPA, criou em 1995, a resolução nº 04, que estabelece a ASA - Área de Segurança Aeroportuária (Figura 1) de acordo com a necessidade de garantir a segurança de voo. A resolução que define a ASA apresenta algumas diretrizes e recomendações para a busca de soluções que visam controlar, reduzir ou eliminar os fatores de atração de aves e mitigar o problema do risco aviário existente nos aeroportos brasileiros.

Figura 1. Exemplo de Área de Segurança Aeroportuária: Aeródromo de Londrina



Fonte: EMASE (2016)

A área de segurança aeroportuária é a área abrangida a partir do centro geométrico do aeródromo até um raio de 20 km, para aeroportos que operam de acordo com as regras de voo por instrumento (IFR), e de 13 km para os demais aeródromos (operação VFR). E determina que não seja permitida a implantação de atividades de natureza perigosa dentro da ASA, entendidas como foco de atração de aves, como matadouros, curtumes, vazadouros de lixo ou quaisquer outras atividades que possam proporcionar riscos semelhantes às operações aéreas (DAC, 2008 – Departamento de Aviação Civil).

Crescimento urbano, resíduos sólidos e degradação ambiental

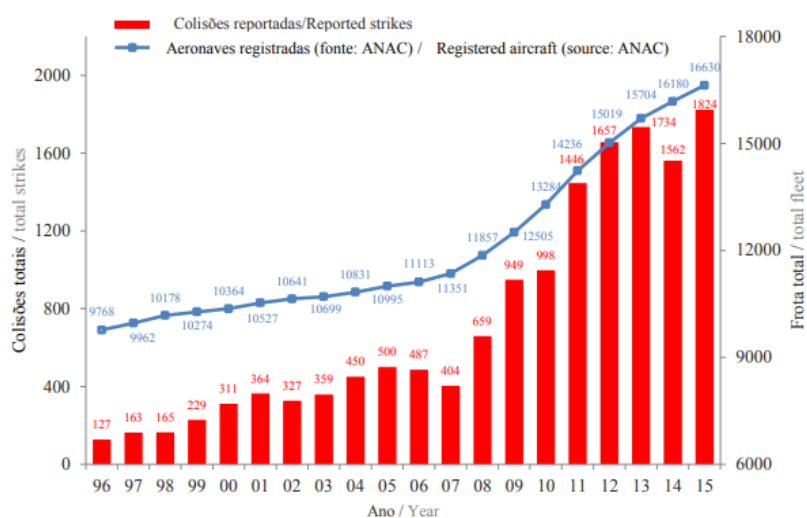
A incidência de colisões aéreas envolvendo aeronaves e aves tem aumentado (Quadro 1), o crescimento das populações de aves relacionadas ao crescimento urbano desordenado na periferia de grandes cidades (BASTOS, 2000). Quando os conjuntos residenciais situam-se nas proximidades dos aeroportos, os resíduos alimentares domésticos gerados tornam-se alimentos para aves e, por consequência, colaboram para esse aumento.

Figura 2. Colisão entre aeronave e ave



Fonte: UNICAMP (2013)

Quadro 1. Colisões reportadas entre aeronaves e aves (1996 -2015)



Fonte: CENIPA (2015)

As atividades antrópicas geradoras de resíduos orgânicos, bem como as atividades comerciais do aeroporto, realizadas sem a devida preocupação com a destinação final, contribuem para o aumento de resíduos nas áreas dos aeroportos, com consequente aumento na população de aves (PESSOA et al., 2006). A presença de aterros sanitários inadequados, lixões, granjas, matadouros e curtumes constituem focos de atração das aves no entorno, especialmente para urubus, os principais envolvidos em acidentes com aeronaves, uma vez que atingem maiores altitudes e costumam voar em grupo (SERRANO et al., 2005).

A poluição ambiental causada pela operação dos aeroportos no que diz respeito ao risco aviário geralmente está associada à infra-estrutura e aos aspectos ambientais decorrentes das operações de voo (SOUZA, 2001). São componentes que colaboram também para o aumento do quadro: os incineradores, parque de abastecimento, áreas de testes de motores, cozinhas industriais, serviços de manutenção de aeronaves e áreas de treinamento contra-incêndio.

Focos de atração de aves

Diversas atividades desenvolvidas pelo homem podem exercer atração sobre a avifauna local, em função da possibilidade de ofertarem alimentação em abundância. Dentre elas podem ser citados matadouros e curtumes que após o processo produtivo a que se destinam, geram resíduos orgânicos e efluentes líquidos, que se não tratados adequadamente ofertam alimentação em abundância para a avifauna local. Outro foco de atração (Figura 3) são representados pelas atividades antrópicas baseadas nos processos de destinação final de resíduos sólidos orgânicos gerados nos centros urbanos de concentração de população, tais como vazadouros de lixo, lixão, aterros sanitários, usinas de compostagem, valos sanitários, etc (SOUZA, 2001).

Figura 3 – Presença de Urubus em uma das cabeceiras da pista do Aeroporto de Ilhéus –BA.



Fonte: Luiz Fonseca (2014)

Note-se que depósitos de lixo e aeroportos possuem as mesmas necessidades, no que tange ao seu posicionamento geográfico. Ambos devem localizar-se nas proximidades da cidade, a fim de reduzir os custos do transporte terrestre, e longe o bastante para não afetar o meio ambiente. Além disso, o aeroporto geralmente dispõe de boa estrutura de acesso viário, necessária também para o transporte do lixo (BRASIL, 1997).

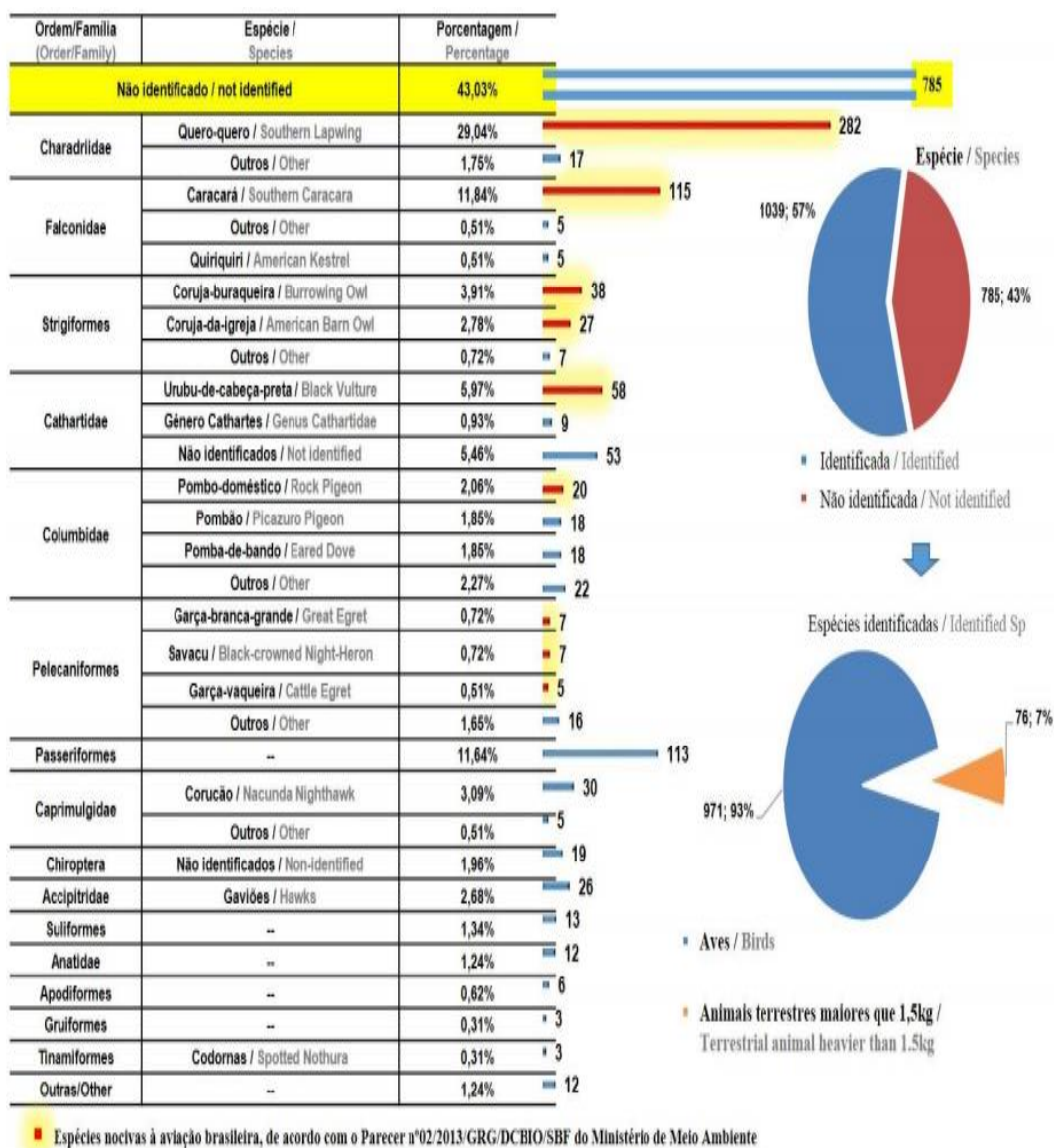
O urubu-de-cabeça-preta (*Coragyps atratus*)

O *Coragyps atratus* é uma espécie de ave está sempre presente, em grande quantidade, nas diversas cidades brasileiras, e comumente associa-se ao homem. Alimenta-se de carne vermelha em deterioração, o que o torna importante para o equilíbrio ecológico (BRASIL, 1997). São poupadores de energia e tendem a se alimentar nos locais onde encontram maior facilidade na obtenção de alimento. Por causa disso, sua presença é muito comum em depósitos de lixo (Figura 3) e nos aterros sanitários, sendo raramente encontrado em florestas.

No Brasil, o agravamento da situação de risco de colisão de aeronaves com urubus durante os procedimentos de aproximação, pouso e decolagem é atribuído, principalmente, ao desequilíbrio ecológico causado pelas áreas destinadas à deposição de lixo urbano, aterros sanitários e lixões, além de matadouros, curtumes e pólos pesqueiros, que operam contrariando a legislação vigente, no entorno dos aeroportos (SOUZA, 2001).

É notório o potencial atrativo de aves nos locais usados para destinação final de resíduos sólidos urbanos, principalmente o urubu, conforme atestam levantamentos estatísticos no Brasil, pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – CENIPA (Quadro 2).

Quadro 2 – Colisões reportadas ao CENIPA por tipo de Fauna.



Fonte: CENIPA (2015)

CONCLUSÕES

A disposição de resíduos sólidos urbanos que ocorre dentro e em torno do aeroporto tem o potencial de afetar as áreas imediatas e adjacentes e favorecer a ocorrência de aves, a exemplo de depósito inadequado de lixo e entulho. Algumas espécies de aves como *Coragyps*

atratus(urubu-de-cabeça-preta) se beneficiam com o aumento destes ambientes. Esse fato torna os ambientes aeroportuários áreas propícias para a ocorrência de sítios de nidificação, pois estes locais apresentam oferta de alimento e material para a construção dos ninhos.

Entre 1996 e 2015 houve 1824 eventos de colisões com aeronaves e aves reportados ao CENIPA e esses dados mostram a importância para a segurança aeroportuária em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, pois medidas de prevenção podem reduzir os atrativos para as aves, e desta forma minimizar o risco de ocorrerem colisões. Mesmo que não haja um mecanismo eficaz com capacidade para resolver em definitivo a ocorrência de colisões entre aeronaves e aves, alguns métodos são capazes de diminuir as ocorrências.

Nesse contexto, a condição ideal só será atingida quando forem combinadas ações entre o cumprimento da legislação que normatiza a ocupação do uso do solo com a redução das condições ambientais degradadas e a melhoria do nível educacional nas populações que habitam o entorno dos aeroportos brasileiros.

REFERÊNCIAS

AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL. **Manual de servicios de aeropuertos: Bird Control and Reducion.** (Doc 9137 NA/898) 3.ed. Cairo, Egito, 1991.

ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 2011. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/cidadessustentaveis.org.br/_abrelpe_2011.pdf>. Acesso em: 18 de mar 2018.

BASTOS, L. C. **Brazilian avian hazard control program – educational initiatives. International Bird Strike Committee.** Proceedings of 25th International Bird Strike Committee meeting. International Bird Strike Committee, 17–20 Abril 2000, Amsterdam, Netherlands. 2000.

BENI, E. **Risco Aviário, um perigo para aviação.** 2017. Disponível em: <<https://www.pilotopolicial.com.br/risco-aviario-um-perigo-para-a-aviacao>>. Acesso em: 20 de abr 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil. **Manual de implantação de aeroportos.** Instituto de Aviação Civil. 2016. Disponível em: <www.anac.gov.br/arquivos/pdf/manualImplementacaoGeral.pdf> Acesso em: 25 de fev 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Legislação sanitária.** Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acessado em: 27 de fev 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos.** Disponível em: <<http://www.cenipa.aer.mil.br>>. Acesso em: 12 dez. 2017

BRASIL, Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 - **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).** 2010. Acesso em: 12 jan. 2017

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Brasília, 2006. Disponível em:<www.mma.gov.br/>.Acesso em: 20 de abr 2018.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.004/2004.** Acesso em: 20 de abr 2018.

BRASIL. INFRAERO. **EMPRESA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA.** Disponível em: <http://www4.infraero.gov.br/> . Acesso em: 21 de abr 2018

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. **Manual de Gerenciamento do Uso do Solo no Entorno de Aeródromos.** Rio de Janeiro. Brasil. 2008.

BRASIL, J. P. **Programa brasileiro de colisão com pássaros- parte 2.** Revista Sipaer , nº 49 , p. 18-21. 1997.

COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. **Lista de aves do Brasil: versão 2015.** Disponível em: Acesso em: 05 abr 2018.

FAB. FORÇA AÉREA BRASILEIRA. Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/institucional>>. Acesso em: 21 de abr 2018.

GUEDES, F. L.; BRAND, D. H.; LINHARES, B. P.; PAIVA, L. V. **Avifauna Relacionada ao risco de colisões aéreas no Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek, Brasília, Distrito Federal**, Brasil. R. Conex. SIPAER, v. 2, n. 1, 230-243. Brasília. Nov. 2010.

NETO, J. T. P. **Manual de Compostagem: Processo de Baixo Custo**. Viçosa – MG. UFV 2007

ONB. ORGANIC NEWS BRAZIL. **Meioambiente, lixo, realidade do Brasil. 2015.** Disponível em: <https://organicsnewsbrasil.com.br/meio-ambiente/especial-lixoes/lixoes-ainda-fazem-parte-da-realidade-do-brasil-2/> Acesso em: 02 de abr 2018. MPUGO. MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE GOIÁS. Disponível em: http://www.mpggo.mp.br/portal/noticia/residuos-solidos-urbanos#.W_yvcuhKjIU . Acesso em 27 jun. 2018.

OACI. ORGANIZATION AVIATION CIVIL INTERNATIONAL. **Manual de servicios de aeropuertos: protección contra las aves y manera de reducir el peligro que representan: doc 9137 NA/898**. Montreal, 2. ed., 1978, parte 3-2. 2004

OACI. ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL. **Manual de servicios de aeropuertos: Bird Control and Reducion**. (Doc 9137 NA/898) 3.ed. Cairo, Egito, 1991.

PESSOA, J. A.; TSCHÁ, E. R.; PEDROSA, M. X. **Controle do Perigo Aviário Causado pó Aves com Adoção de Medidas Mitigadoras**. XLIV Congresso da Sober. UFRPE. Recife. 2006.

PRS. PORTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. 2018. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/situacao-atual-dos-rs-no-brasil/>. Acesso em: 20 de mar 2018

SEMPMA. Secretaria Municipal de Proteção ao Meio Ambiente (AL), 2015. **Risco na Aviação: um perigo real**. Disponível em: http://www.residuossolidos.al.gov.br/arquivos/199_ext_arquivo.pdf. Acesso em: 03 de abr 2018

SERRANO, I. L.; NETO, A. S.; ALVES, V. S.; MAIA, M.; EFE, M. A.; TELINO JR, W. R.; AMARAL, M. F. **Diagnóstico da situação nacional de colisões de aves com aeronaves**. Ornithologia, 1: 93-104, 2005.

SOUZA, C.A.F. **Procedimentos de Gestão Ambiental em Aeroportos**. Monografia de Especialização, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília. 2001.

1.6. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL POR RESÍDUOS SÓLIDOS EM APP DO RIO DAS BOMBAS, JOÃO PESSOA – PB

CAVALCANTI, Maria Luíza Coelho

Programa de Pós-graduação em Energias Renováveis
malucoelhocavalcanti@gmail.com

CRUZ, Arturo Dias da

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
arturo.dias@gmail.com

MOURA, Isaac Anderson Alves de

UFPB
isaac.and@hotmail.com

ARAÚJO, Yuri Rommel Vieira

UFPB
yuriaraujo@florestal.eng.br

RESUMO

A cada dia o meio ambiente ganha foco nas mídias sócias do mundo, a estimada preocupação que vem crescendo entre a população, o poder publico e o setor privado não é à toa, pois ações realizadas pelo consumismo desenfreado do homem associadas com alterações naturais são as principais causas de impactos ambientais no planeta. No caso das ações que são geradas a partir dos depósitos de resíduos sólidos próximos à áreas de preservação ambiental, chegam a acarretar inúmeros problemas, dentre eles, estão o assoreamento e eutrofização dos corpos hídricos, além da perda da biodiversidade, proliferação de vetores contaminante de doenças entre muitos outros, que trazem consigo risco para a sociedade. Pensando nisso este trabalho tem como objetivo principal realizar uma análise descritiva dos impactos ambientais causados na área de preservação permanente (APP) por disposição de resíduos sólidos no Rio das Bombas, situado no município de João Pessoa-PB. Observando ainda suas consequências e formas de degradação ambiental e por fim demonstrando a situação das políticas públicas através de Leis, Decretos e Regulamentações vinculadas ao pertinente tema.

PALAVRAS - CHAVE: Impactos Ambientais, antropização, Leis.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano desordenado tem sido pauta nas principais discussões acerca dos novos paradigmas de desenvolvimento das cidades. O aumento populacional e de atividades econômicas, verificados, principalmente a partir da Revolução Industrial, apresentando maior proeminência após a segunda guerra mundial, têm sido apontados como as principais causas do surgimento e agravamento dos problemas urbanos diagnosticados nas últimas décadas (CUNHA, 2017).

Assim, o desenvolvimento econômico, o crescimento populacional, a urbanização e a revolução tecnológica vêm sendo acompanhados por alterações no estilo de vida e nos modos de produção e consumo da população. Como decorrência direta desses processos, vem ocorrendo um aumento na produção de resíduos sólidos, tanto em quantidade como em diversidade, principalmente nos grandes centros urbanos. Além do acréscimo na quantidade, os resíduos produzidos atualmente passaram a abrigar em sua composição elementos sintéticos e perigosos aos ecossistemas e à saúde humana, em virtude das novas tecnologias incorporadas ao cotidiano (GOUVEIA, 2012).

À medida que aumenta a intervenção humana na natureza também crescem os conflitos pelo uso dos recursos, isto se tem intensificado nos últimos 30 anos. Portanto, mais do que nunca, precisa-se manter o equilíbrio entre o meio ambiente e as interações humanas, criando uma sustentabilidade para que essa convivência perdure (COSTA et al., 2017). Entretanto a minimização dos problemas urbanos, decorrentes da desorganização em que se dá o crescimento das cidades, está associada à necessidade de planejamento da ocupação do solo. O estudo das características ambientais, físicas, sociais e econômicas do território urbano, gera conhecimento necessário à tomada de decisão, na orientação da expansão física das cidades, visando garantir uma ocupação racional dos espaços, a prevenção de impactos ambientais e a prevenção de conflitos (NASCIMENTO et al., 2009).

Através deste contexto, uma nova perspectiva apresentou-se no cenário nacional com a aprovação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos – (PNRS), Lei Federal Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a Logística Reversa (LR) como instrumento de desenvolvimento econômico e social capaz de viabilizar a correta destinação dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010; NASCIMENTO et al., 2016). A gestão compartilhada pode ser considerada como um marco para a gestão de resíduos no país, pela forma direta e linearidade que se trata o tema, assim como a aplicação de prática sustentável no sistema produtivo é uma ferramenta de se evitar o desperdício de material, financeiro e degradações ambientais (SOUZA; SOUZA, 2016; ROCHA et al., 2017).

Um dos grandes problemas encontrados atualmente pela sociedade são o descarte e destino dos resíduos sólidos. A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) contém instrumentos importantes que permite a realização de ações no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010; MOURA et al., 2017).

A decomposição da matéria orgânica presente no lixo resulta na formação de um líquido de cor escura, o chorume, que pode contaminar o solo e as águas superficiais ou subterrâneas pela contaminação do lençol freático. Pode ocorrer também à formação de gases tóxicos, asfixiantes e explosivos que se acumulam no subsolo ou são lançados na atmosfera. Os locais de armazenamento e de disposição final tornam-se ambientes propícios para a proliferação de vetores e de outros agentes transmissores de doenças. Pode haver também a emissão de partículas e outros poluentes atmosféricos, diretamente pela queima de lixo ao ar livre ou pela incineração de dejetos sem o uso de equipamentos de controle adequados. De modo geral, os impactos dessa degradação estendem-se para além das áreas de disposição final dos resíduos, afetando toda a população (GOUVEIA, 2012).

Os vários impactos ambientais decorrentes das diferentes formas de disposição de resíduos sólidos oferecem também riscos importantes à saúde humana. Sua disposição no solo, em lixões ou aterros, por exemplo, constitui uma importante fonte de exposição humana a várias substâncias tóxicas. As principais rotas de exposição a esses contaminantes são a dispersão do solo e do ar contaminado, a lixiviação e a percolagem do chorume. O último pode ocorrer não apenas enquanto o lixão ou o aterro está em funcionamento, mas também depois de sua desativação, uma vez que os produtos orgânicos continuam a degradar. Estudos têm indicado que áreas próximas a aterros apresentam níveis elevados de compostos orgânicos e metais pesados, e que populações residentes nas proximidades desses locais apresentam níveis elevados desses compostos no sangue. Assim, esses depósitos de resíduos sólidos irregular constituem em potenciais fontes de exposição para populações, provar alteração nas características físicas, químicas e biológicas na região (OLIVEIRA et al. 2018; GOUVEIA, 2012).

Outra atividade geradora de impactos a natureza, é a retirada da mata ciliar para utilização do espaço para depositar resíduos é o assoreamento, que é um fator resultante, tanto da ação da própria natureza, como da ação humana, porém, o fator antrópico aumenta e muito o problema, tendo em vista que questões como desmatamento, poluição, descuidos com o solo, ocupação de vertentes e outros, são prioritariamente causados pela sociedade. Este processo traz prejuízos a todo ecossistema, bem como a própria malha e estrutura urbana e conseqüentemente aos seres humanos, que contraditoriamente são os principais causadores do problema (FILHO, 2014).

De acordo com o novo Código Florestal (Lei 12.651/12), as Áreas de Preservação Permanente (APP) são de grande importância ecológica, coberta ou não por vegetação nativa, que tem função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012; CUNHA, 2017). Portanto a pesquisa tem como caráter observar e entender os impactos ambientais causados em área de preservação permanente por disposição de resíduos sólidos, observando suas conseqüências e formas de degradação ambiental, assim como entender os danos ambientais provenientes de ocupais irregulares nestas condições.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Resíduos sólidos

Resíduos sólidos são resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de várias atividades, sejam indústrias e/ou domésticas, sejam de saúde, agrícolas e de serviços. Também os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles originados em equipamentos e instalações de controle de poluição; bem como alguns tipos de líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (GARCIA et al., 2015). Ainda o mesmo autor pode definir resíduos como sendo todo material proveniente de atividades humanas nas indústrias, comércio e residências que seja considerado inútil. Neste conceito, o termo lixo, está incluído sob as diversas formas, inclusive o lixo tóxico e prejudicial ao meio ambiente. Por resíduos sólidos, de acordo com sua composição química, teremos os resíduos orgânicos, composto de matéria viva, como por exemplo, restos de alimentos e dejetos humanos e os resíduos inorgânicos, composto de materiais fabricados pelo homem, tais como plástico, vidro e metal (GARCIA et al., 2015).

O resíduo sólido no Brasil tem sido amplamente discutido na sociedade, a partir de vários levantamentos da atual situação brasileira e das perspectivas para o setor. De forma geral, este assunto permeou várias áreas do conhecimento, desde o saneamento básico, meio ambiente, inserção social e econômica dos processos de triagem e reciclagem dos materiais, e recentemente, ainda de forma insipiente o aproveitamento energético dos gases provenientes dos aterros sanitários. Portanto a complexidade das atuais demandas ambientais, sociais e econômicas induz

a um novo posicionamento dos três níveis de governo, da sociedade civil e da iniciativa privada. (LINS, 2017)

Grande parte das Cidades Brasileiras, ainda não tem uma gestão adequada dos RCD, e muitos deles são dispostos pela população em logradouros públicos, permanecendo por muito tempo a depender da fiscalização do município o qual pode ser dado como ineficiente acarretando prejuízo aos cofres públicos com limpeza do local e perdendo funcionalidades, que poderiam ser anexas a estes resíduos, entendendo-se que grande parte dele há possibilidade de reciclagem (HOLANDA et al., 2018)

Diante desse contexto é necessário que municípios brasileiros coloquem em prática a PNRS um dos fatores primordiais é a elaboração do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Tratando-se de um planejamento estratégico que deve ser elaborado de forma coletiva envolvendo a participação dos gestores públicos, do setor privado e da sociedade civil assim cada setor se responsabilize pelos resíduos sólidos gerados, contribuindo para que a gestão dos RS ocorra na prática de forma integrada. (CARDOSO et al., 2016).

Legislação

De acordo com a Lei, resíduo sólido é todo o material, bem, substância ou objeto descartado (sólido ou não) resultante de atividades humanas em sociedade. A PNRS se aplica a todos, pessoas físicas e jurídicas, de direito público e privado, responsáveis pela geração de resíduos sólidos e por ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos, (exceto os resíduos classificados como radioativos). Sendo assim, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos compartilham da responsabilidade do ciclo de vida do produto (NASCIMENTO et al., 2016).

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) - que corresponde aos resíduos domiciliares e de limpeza urbana (varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana) – foram os que apresentaram uma maior quantidade de informações disponibilizadas em diversos sistemas de informações de fontes oficiais (BRASIL, 2010). O planejamento de ações que possam promover o desenvolvimento socioeconômico e preservar a qualidade ambiental, fornecendo o diagnóstico da situação atual dos Resíduos da Construção Civil (RCC). Estes são definidos no Art. 13 da PNRS (BRASIL, 2010) como sendo os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. O gerenciamento adequado dos RCC ainda encontra obstáculos pelo desconhecimento da natureza dos resíduos e pela ausência de cultura de separação, entre outros. Dessa forma, conhecer e diagnosticar os resíduos gerados possibilitará o melhor encaminhamento para o plano de gestão e o gerenciamento dos RCC (BRASIL, 2010).

A Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), estabeleceu prazos ou limites temporais para algumas ações tais como a eliminação de lixões e a consequente disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos até 2014. Nestes casos não se trata do estabelecimento de Plano de Metas para o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, mas sim do cumprimento de prazos legais. As demais ações em que a lei não estabeleceu prazos máximos para o seu cumprimento foram objeto de Planos de Metas alternativos (Plano de Metas “Intermediário” e Plano de Metas “Desfavorável”), permitindo que durante as audiências e a consulta pública se construam os Planos de Metas mais adequados para cada situação apresentada. A Lei alenca vários instrumentos que devem ser usados para a consecução da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Alguns deles perpassam toda a gestão ambiental, como a educação ambiental e o monitoramento e fiscalização, por exemplo (BRASIL, 2010).

Há instrumentos específicos à Lei de Resíduos Sólidos, mas que não são detalhados na lei, apenas citados, como: inventários de resíduos sólidos; incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais

reutilizáveis e recicláveis; cooperação técnica e financeira entre o setor público e o privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos. (JURAS, 2012).

A cidade de João Pessoa é a capital do estado da Paraíba, tal cidade é de cunho importantíssimo ao que tange as políticas públicas relacionadas ao tratamento de resíduos sólidos, a começar pela Lei Complementar 93 de 30 de dezembro de 2005 (JOÃO PESSOA, 2005) que dispõe sobre o saneamento básico do município. Em seguida surgiu a Lei nº 12.957, de 29 de dezembro de 2014 (JOÃO PESSOA, 2014), apreciada pelo Conselho Municipal do Meio Ambiente (COMAM), que dispõe sobre o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos no município. Além disso, conta com um mais novo Decreto de nº 8886 de 23 de dezembro de 2016 (JOÃO PESSOA, 2016), que dispõe sobre a Política Municipal de Resíduos Sólidos do Município de João Pessoa e das outras providências. Deixando claro que o teor do assunto é de suma importância para o governo local

Vegetação ciliar

O Art. 4º da Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012) prevê a extensão da vegetação das matas ciliares em faixas desde a calha do leito dos cursos de água, considerando-as como Área de Preservação Permanente em áreas rurais e urbanas. Em relação à cobertura vegetal, o principal fator a se abordar acerca de bacias hidrográficas é a mata ciliar, que é de fundamental importância na criação e manutenção da vida nos rios e lagos, pois, entre outros, mantém a proteção da área circundante ao corpo aquoso, evitando a erosão do solo e o assoreamento subsequente, bem como se apresenta enquanto um importante reduto de biodiversidade (MORAES FILHO, 2014).

A mata ciliar consiste em uma vegetação de margem do rio e espécie adaptada para as condições adversas. Localizam-se às margens de rios, nascentes, lagos e represas e tem por escopo a proteção do solo e da água, evitando a erosão, o assoreamento e a poluição, já que dificulta a chegada dos dejetos materiais até o curso d'água. Além das mencionadas funções, a mata ciliar fornece relevante contribuição para evitar a escassez da água, já que a planta auxilia na retenção desse recurso hídrico pelo solo (BORGES, 2014).

Eutrofização

A eutrofização consiste no aumento excessivo de nutrientes na água, podendo ser causada por drenagem de fertilizantes agrícolas, águas pluviais de cidades, detergentes, resíduos de minas, drenagem de dejetos humanos, entre outros (BARRETO et al., 2013).

A eutrofização resulta em aumento nos custos do tratamento da água para abastecimento público devido ao aumento no uso de coagulantes e alcalinizantes para ajuste de pH de coagulação; necessidade de usar polímeros para auxiliar a floculação e evitar a flotação; diminui a eficiência de remoção de flocos na decantação, acelera a obstrução do meio filtrante, redução na duração da cadeia de filtros e aumento no consumo da água de lavagem; e consequentemente aumento de águas residuárias e maior consumo de cloro devido à presença de matéria orgânica e amônia, diminuindo a eficiência da desinfecção e aumentando a possibilidade de formação de componentes tóxicos organoclorados, prejudiciais à saúde humana. Também é necessário destacar a possibilidade de crescimento de bactérias nos sistemas de distribuição, devido ao aumento da matéria orgânica que serve de substrato com ocorrência de sabor e odor provocados por algumas espécies de algas e aumento na deposição de ferro e manganês (RICHTER; NETTO, 2005).

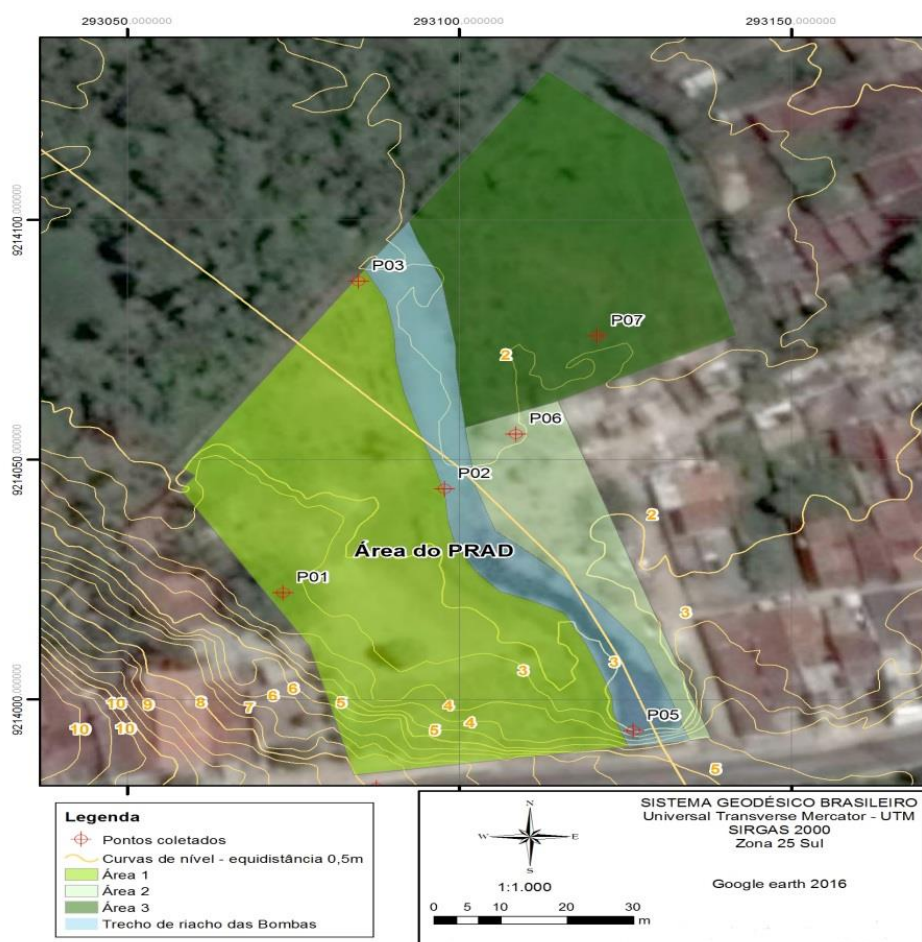
Um dos impactos mais preocupantes da aceleração do processo de eutrofização é o aumento da probabilidade de ocorrência de florações de algas, principalmente as cianobactérias potencialmente tóxicas, as quais podem alterar a qualidade das águas, sobretudo no que tange ao abastecimento público (BARRETO et al., 2013).

METODOLOGIA

Para realização do estudo foram feitas visitas a área no período de março de 2018 a abril de 2018 na área degradada, uso de *Gps Garmim Etrex* para marcação de pontos geográficos e máquinas fotográficas para avaliação e classificação básica da vegetação existente assim como consulta a literatura, através de artigos, dissertações e livros, assim como busca a legislação vigente aplicada.

Após a coleta de pontos e visita a área degradada foi elaborado mapa (figura 1) com o datum geográfico sirgas 2000 UTM zone 25 S, e separada a área em 3 áreas principais cada uma com suas características observadas em campo e denominadas área 1, área 2 e área 3, assim como uso do mapa SRTM (sigla em inglês para *Shuttle Radar Topography Mission*) para a criação das curvas de nível através do uso software QGis na sua versão 2.18.18 LTR.

Figura 1. Mapa de curvas de Nível, pontos e delimitação das áreas



A área degradada localiza-se no bairro do Padre Zé, e outra, no Roger, onde um trecho do rio das bombas faz a divisa entre os dois bairros. Situada no encontro da Avenida Airton Senna da Silva com Rua Mardoqueu Nacre. O zoneamento municipal classifica a área em ZEP2 (Zona de proteção dos Grandes verdes 2), conforme a Lei Municipal Nº. 2.102/1975 (JOÃO PESSOA, 1975), Decreto Municipal Nº 5.285/ 2005 (JOÃO PESSOA, 2005), e Decreto Municipal Nº 7.537/ 2012 (JOÃO PESSOA, 2012). A área total degradada é de 6.179 m² e o trecho do rio das bombas possui uma medição de 117 metros de comprimento com largura média de 4 metros. A área 1 possui uma medida de 3.222 m², área 2 possui uma medida de 736 m² e área 3 possui uma medida de 2.220 m².

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através das vistorias realizadas na área degradada e consulta a legislação foi possível identificar a área delimitada para estudo, corresponde a uma área de preservação permanente (APP), conforme a Lei Federal nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012). A lei estabelece que:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

A legislação define as áreas de preservação permanentes (APP) como área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

As curvas de níveis evidenciadas na (Figura 1), é possível perceber que maior parte da área de atuação do estudo se dá a terrenos planos, apenas as áreas próximas avenida principal possui curvas mais acentuadas de declividades, tal característica acentua o escoamento superficial no período de chuvas levando os montantes de água para o trecho do rio.

Das espécies de flora e fauna encontrada foram possíveis identificar indivíduos das espécies (Quadro 1), com relação à fauna no local, se destacam a avifauna, pela facilidade de locomoção e uso do local para nidificação, abrigo e alimento.

Em relação à área 1 a fitofisionomia original da área é de vegetação de manguezal, onde devido aos processos antrópicos de ocupação, essa floresta foi retirada quase que totalmente. A existência de indivíduos da espécie *Laguncularia racemosa* (mangue branco), no final da área, e as características do solo, evidencia que a área sofre com influência fluvio-marinha e se trata de área de mangue. Atualmente, a vegetação existente na área é típica de vegetação de área antropizada, com indivíduos arbóreos distribuídos de maneira aleatória, grande parte por espécies naturalizadas ou exóticas e vegetação ruderal outra característica das ações antrópicas que foi possível observar, o uso de uma cobertura compactada de aterro, para uso de construção de moradias.

Relativo à área 2 é possível identificar uma atividade de separação de resíduos, para comercialização (figura 2), tal atividade possui caracterização de invasão por estar situada em uma zona de preservação característica como ZEP2 (Zona de Proteção dos Grandes Verdes 2) e em área de preservação, portanto foi possível notar supressão da mata ciliar para a acomodação dos resíduos separados e destinados a comercialização, também foi possível identificar no ato da vistoria na área que a separação dos resíduos é feita de forma irregular sem uso de EPIS

(equipamento de proteção individual) assim como realizadas em céu aberto, de acordo com Costa et al., (2015) resíduos sólidos a céu aberto favorece a proliferação de micro vetores (moscas, mosquitos, baratas e ratos) e macro vetores (ratos, gatos, cachorros, aves, bovinos). Esses vetores podem ser vias de acesso de agentes transmissores de doenças, outra característica é a poluição das áreas circunvizinhas pelos resíduos leves como plásticos e papéis que são conduzidos pelo vento por uma longa distância, resultando na alteração da paisagem produzindo uma feição de abandono e sujeira em toda área.

Figura 2. Invasão e atividade irregular em área de preservação permanente



Fonte: Autores

Foi identificado que trecho do Rio das Bombas está em estado de assoreamento avançado tal, característica pode ser dada a supressão da mata ciliar e a lixiviação dos resíduos sólidos para o leito do rio de acordo com Moraes Filho (2014) erosão do solo e seu movimento no corpo aquoso, ocorre o assoreamento algo que se constitui tanto como um processo natural, como por ação antrópica, trazendo prejuízos ao solo, ao corpo hídrico e aos seres vivos, em ambiente urbano é gerado pelo aumento dos resíduos lixiviados para fundo do leito, a retirada da mata ciliar, as declividades acentuadas em alguns pontos e as vias que cortam perpendicularmente as curvas de nível aumentam o impacto da chuva e a diminuição da permeabilidade das vertentes, levando a água, por enxurrada e os resíduos de solo.

Também foi identificado um estado de eutrofização avançada no trecho dos rios das bombas tal característica se dá a lixiviação dos resíduos dispostos em suas margens, aumentando nível de carga orgânica e aumentando assim a capacidade de eutrofização. Para Barreto (2013), um dos impactos mais preocupantes da aceleração do processo de eutrofização é o aumento da probabilidade de ocorrência de florações de algas, principalmente as cianobactérias potencialmente tóxicas, podendo alterar a qualidade das águas, sobretudo no que tange ao abastecimento público resulta em aumento nos custos do tratamento da água, portanto aumentando no uso de coagulantes, alcalinizantes e cloro devido à presença de matéria orgânica e amônia, diminuindo a eficiência da desinfecção e aumentando a possibilidade de formação de componentes tóxicos organoclorados, prejudiciais à saúde humana.

Quadro 1. Espécies da fauna e flora encontradas na área objeto de estudo.

ESPECIES ENCONTRADAS NA VISTORIA	
FLORA	FAUNA
Aninga (<i>Montrichardia arborescens</i> (L.) Schott);	Frango-d'água-azul (<i>Porphyrio martinicus</i> (Linnaeus, 1766)),
Bananeira (<i>Musa paradisiaca</i> L.);	Jacaná (<i>Jacana jacana</i> (Linnaeus, 1766))

Cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i> L.); Cassia-ferruginha (<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin & Barneby); Castanhola (<i>Terminalia catappa</i>); Capim navalha (<i>Scleria bracteata</i> Cav.); Capim braquiária (<i>Urochloa</i> sp.); Coqueiro (<i>Cocos nucifera</i> L.); Jambreiro (<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & I.M.Perry); Mangue-branco (<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C. F. Gaertn); Mamão (<i>Carica papaya</i> L.); mamona (<i>Ricinus communis</i> L.); Melão-de-são-caetano (<i>Momordica charantia</i> L.) tiririca (<i>Cyperus ligularis</i> L.); Salsa (<i>Ipomoea</i> sp.), Urtiga branca (<i>Cnidoscolus urens</i> (L.) Arthur).	Gavião-preto (<i>Urubitinga urubitinga</i> (Gmelin, 1788))

Relativa à área 3 é possível encontrar maior número de resíduos sólidos da construção civil e demolição (figura 3), a área também se divide em terrenos com influência antrópicas com uso de cobertura compactada de aterro, e solos Indiscriminados de Mangues. De acordo com Oliveira netoe Silva (2018) são solos halomórficos muito pouco desenvolvidos, lamacentos, escuros e com alto teor de sais provenientes da água do mar, formados em ambientes de mangues a partir de sedimentos flúvio-marinhas recentes misturadas com detritos orgânicos, de natureza e granulometria variada.

Figura 3. Resíduos sólidos da construção civil e demolição.



Esse tipo de resíduo é classificado na NBR 10004 como inertes. Embora em sua grande maioria se submetidos à análise, estariam classificados como não inertes, especialmente devido ao seu pH e dureza da água absorvida, em alguns casos eles podem conter contaminações. Estas contaminações podem tanto ser oriundas da fase de uso da construção como a partir de como foram gerados e manuseados, portanto esses contaminantes podem afetar tanto a qualidade do meio à qual foram dispostos (OLIVEIRA et al., 2016). Outro problema agravante é que os mesmos resíduos através dos impactos causados pela chuva, podem sem desfragmentar,

aumentando assim o assoreamento do corpo hídrico próximo, assim como mudança de estado do terreno, causando assim uma desestabilidade, a recuperação natural proveniente dessa área do estudo.

CONCLUSÕES

Diante os resultados encontrados foram possíveis entender que as ações geradas a partir dos depósitos de resíduos sólidos próximo a áreas de preservação ambiental, acarretam inúmeros problemas, dentre eles, o assoreamento e eutrofização dos corpos hídricos, perda de biodiversidade, proliferação de vetores contaminante de doenças entre outros.

Tais problemas não afetam só meio naturais, tornando a degradação ambiental uma ação cíclica, que se entende do meio natural para meio urbano.

A problemática ambiental em torno dos resíduos sólidos ainda está em força, mesmo com constante luta para conscientização, a degradação ambiental que vem junto com impactos gerados dos resíduos dispostos de forma incorreta, acarretam problemas que podem levar meio natural urbano a completa antropização, tal característica são refletidas com atividade gerada, de forma irregular, sem pensamento sustentável, mostrando que área de preservação permanente se trata apenas de um espaço verde em uma área urbana, aparentemente sem significado.

Portanto o esforço da conscientização ambiental, e o entendimento acerca dos resíduos sólidos andam cada vez mais importantes, não só para mudança de paradigma da sociedade como para uma mudança nas suas ações.

Por fim estudos que buscam, analisar diretamente o dano causado nesses ambientes urbanos reforçam a importância da conscientização ambiental, quando mostram diretamente a degradação causada especialmente das áreas de preservação permanente em áreas urbanas.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) trouxe marco regulatório para tratar a problemática dos resíduos sólidos no Brasil, com a previsão de destinação final que fosse ambientalmente mais adequada de resíduos com a chamada responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida que o produto tenha, conhecida como logística reversa.

REFERÊNCIAS

BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. **Eutrofização em Rios Brasileiros**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.16; p. 2013.

BORGES, T. S. A aplicabilidade do Código Florestal na preservação da mata ciliar. **Revista Jus Navigandi**, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 19, n. 4175, 6 dez. 2014. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/31044>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

BRASIL. Constituição da república federativa do Brasil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 out. 1988**. Seção 1, p. 1-32. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 19 abr. 2018.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólido. Brasília/DF. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 16 de maio. 2018.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2014**. Dispõem sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília/DF. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 16 de maio. 2018.

CARDOSO, J. J.; BARROS JUNIOR, A.P.; PACHECO A. D. P. **Desafios e possibilidades para a gestão dos resíduos sólidos em consonância com a Lei n. 12.305/2010 no município de Ipojuca – PE**

CARDOSO in EL-DEIR, S. G.; PINHEIRO, S. M.G; AGUIAR, W.J; Resíduos sólidos: práticas para uma gestão sustentável 1. ed. -- Recife: EDUFPRPE, 2016. 511 p.

COSTA ,A. G.; SALES ,M. L. S.; CIZENANDO ,T. A. L.; LOPES ,T. C. S.; MACÊDO ,I. R. C. IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS ADVINDOS DO LIXÃO MUNICIPAL DE ASSÚ/RN. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC, Fortaleza – CE, 2015.**

COSTA, D. A.; FRIDRICH, G. .A; MARINHO, R. S A.; PINHEIRO, M. P. G.; SILVA, J. C..M.; SANTOS, M.L.F; SOUZA, A.H.F.F; SOUZA, M.C. Planejamento e gestão ambiental na Universidade Federal da Paraíba, Nordeste do Brasil: análise e contribuições. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade** (2017): 4(8): 233-254.

CUNHA, J. P. S.; LUCENA, R. C. F.; SOUSA, C. A. F. **Monitoramento do uso e ocupação de Áreas de Preservação Permanentes urbanas com o apoio de geotecnologias: O caso do rio Jaguaribe em João Pessoa-PB.** I Simpósio Brasileiro Online. Gestão Urbana, 26 a 28 de abril de 2017.

FILHO, J. Z. M. **O Assoreamento dos Lagos Igapó I e II na Cidade de Londrina – PR.** 2014. 78 pgs. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

GARCIA, M. B. S.; NETO, J. L.; MENDES, J. G.; XERFAN, F. M. F.; VASCONCELLOS, C. A. B.; FRIEDE, R. R. Resíduos Sólidos: Responsabilidade Compartilhada. **Semioses Rio de Janeiro**, v. 9, n. 2, p. 77-91, jul. /Dez, 2015.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.17, p. 1503-1510, 2012.

HOLANDA, M. J. O, XIMENES, T. C. F, BATISTA, J. M., LAFAYETTE, K. P. V.; Aspectos e impactos ambientais provenientes de rcd em são lourenço da mata ecabo de santo agostinho – PE in SANTOS J. P. O; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S.G. **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais** 1. ed. - Recife: EDUFPRPE, 2018. 579 p. il.

HORNUNG, B. L. S.; KUHNE, M. A. K.; JUNIOR, M. A. K. O Novo Código Florestal: Áreas de Preservação Permanente e Matas Ciliares. **Faculdades Integradas Santa Cruz de Curitiba –FARESC**, Curitiba, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>. Acesso em: 05 mares 2008.

MOURA, I. A. A.; SILVA, M. C. D. **Reciclagem de papel e fibra de coco: uma prática de sustentabilidade ambiental e de desenvolvimento regional.** Anais II CONIDIS, ISSN 2526-186X, V. 1, 2017.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Lei Complementar nº 93, de 30 de dezembro de 2005.** Dispõe sobre a política municipal de saneamento básico do município de João Pessoa. João Pessoa. 2005. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a1/pb/j/joao-pessoa/lei-complementar/2015/9/93/lei-complementar-n-93-2015-dispoe-sobre-a-politica-municipal-de-saneamento-basico-do-municipio-de-joao-pessoa-seus-instrumentos-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 16 de mai. 2018.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Lei Municipal nº 12.957, de 29 de dezembro de 2014.** Dispõe sobre o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos. João Pessoa. 2005. Disponível em: < <https://leismunicipais.com.br/a/pb/j/joao-pessoa/lei-ordinaria/2014/1295/12957/lei-ordinaria-n-12957-2014-dispoe-sobre-o-plano-municipal-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos-no-municipio-de-joao-pessoa-e-aprova-o-plano-municipal-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos-apreciado-pelo-comam>>. Acesso em: 16 de mai. 2018.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Decreto nº 8.886, de 23 de dezembro de 2016.** Dispõe sobre a política municipal de Resíduos Sólidos de João Pessoa e da outras providências. João Pessoa. 2005. Disponível em: < <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 16 de mai. 2018.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Lei nº 2.102, de 31 de dezembro de 1975**. Institui o código de urbanismo integrante do Plano Diretor. João Pessoa. 1975. Disponível em: < <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 16 de mai. 2018.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Decreto nº 5.285, de 29 de março de 2005**. Estabelece instruções normativas de aprimoramento da legislação urbanista vigente. João Pessoa. 2005. Disponível em: < <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 16 de mai. 2018.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Decreto nº 7.537, de 08 de maio de 2012**. Estabelece a adequação do uso e ocupação do solo ao macrozoneamento. João Pessoa. 2012. Disponível em: < <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 16 de mai. 2018

JURAS, I. A. G. M. **Legislação sobre resíduos sólidos: comparação da lei 12.305/2010 com a legislação de países desenvolvidos**. Consultora Legislativa da Área XI Meio Ambiente e Direito Ambiental, Organização Territorial, Desenvolvimento Urbano e Regional. Abril de 2012. Disponível em: < http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema14/2012_1658.pdf>. Acesso em: 18 de abril de 2018.

MORAIS FILHO, J. Z. **O ASSOREAMENTO DOS LAGOS IGAPÓ I E II NA CIDADE DE LONDRINA – PR**. Monografia (Bacharel em geografia), Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2014.

NASCIMENTO, J. F.; TEIXEIRA, V. V. N.; MENEZES, J. E. C.; ALVES, K. R. C. P. Universidade Estadual da Paraíba, 58429-500, Paraíba-PB, Brasil. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v.2, n.1, p.64-76, jan./abr., 2016.

NASCIMENTO, V. M. L. C.; LIMA, E. R. V.; SANTOS, C. A. G. **Utilização de sistema de informações geográficas na avaliação de áreas para ocupação urbana em João Pessoa/PB**. XIV simpósio brasileiro de sensoriamento remoto. p.4093-4100. Natal. 2009.

OLIVEIRA NETO, M. B.; SILVA, M. S..L. **Solos Indiscriminados de Mangues**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7j02wx7ha087apz2c3xd0do.html, aceso em: 14/04/2018.

OLIVEIRA, J. W. M.; SANTOS, A. M.; NÓBREGA, L.O. Destino Final Dos Resíduos Sólidos: Estudo Sobre Os Resíduos Gerados Em Canteiros De Obra Na Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental** (Pombal - PB - Brasil) v. 10, n.1, p.01-06, Jan-Dez, 2016.

OLIVEIRA, J. A. M.; MEDEIROS, P. C.; OLIVEIRA, C. M. M. Diagnostico do vazadouro a céu aberto no município de Januária-MG, por meio de dois métodos de avaliação de Impacto Ambiental. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p.363-374, jan./mar. 2018.

ROCHA, S. M.; ROCHA, R. R. C. LSUTOSA, K. B. Política Brasileira de Resíduos Sólidos: Reflexões sobre a geração de resíduos e sua gestão no município de Palmas-TO. **Revista ESMAT**, a. 9, nº 13, pág. 29-42, 2017.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgar Blücher, 2005.

SOUZA, V. O.; SOUZA, C. R. Gestão de resíduos em um escola técnica do eixo coureiro-calçadista no município de Campina Grande-PB. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 9, n.5. 2016.

1.7. ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR RESÍDUOS SÓLIDOS NUMA ENCOSTA NO MUNICÍPIO DE RECIFE-PE

SANTOS, Michele Joyce Pereira dos
Universidade de Pernambuco (UPE)
mjps2@poli.br

SILVA, Thiago Augusto de
Universidade de Pernambuco
tas3@poli.br

LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz
Universidade de Pernambuco
klafayette@poli.br

RESUMO

O município de Recife-PE apresenta inúmeros problemas atrelados ao crescimento urbano desordenado. Esses problemas acontecem principalmente nas regiões periféricas e encostas, que na cidade são comumente ocupadas por famílias de baixa renda. Vinculado a esse fato, tem-se a ocorrência do descarte de resíduos de maneira irregular nessas regiões, provocando sérios danos ao meio natural. Desta maneira, o bairro de Dois Unidos foi escolhido como estudo de caso do presente trabalho devido ao registro de deslizamentos de terra no ano de 2017. Os objetivos do estudo são a avaliação dos impactos ambientais e sociais provocados pela deposição irregular de resíduos sólidos a partir de registros fotográficos e análises empíricas. Utilizou-se a aplicação de *checklist* com indicadores associados aos fatores antrópicos como procedimento metodológico e foi possível obter como resultado o índice geral dos impactos ambientais causados por esses fatores, com índice de fragilidade de -175, qualificando-se como impacto extremo, e que a deposição irregular de resíduos é um indicador que apresenta alto risco para área de encostas. Por fim, concluiu-se que as ações antrópicas têm impactado tanto no âmbito social quanto no ambiental no bairro de Dois Unidos, pois resulta em problemas nas esferas de saúde, de segurança, ambiental e socioeconômica.

PALAVRAS-CHAVE: Deposição de resíduos; Deslizamentos de terra; Análise empírica.

INTRODUÇÃO

As questões relacionadas com o meio ambiente têm ganhado destaque no tocante aos grandes desafios enfrentados pela sociedade (ALBUQUERQUE, 2016). Essa notoriedade é fruto da percepção, cada vez mais evidente, dos limites que o planeta tem capacidade de suportar para o modelo atual de produção que é pautado, a princípio, na extração e resultando em descarte, sem qualquer preocupação com os impactos gerados (MACEDO, 2016).

Essa premissa não sustentável adotada na maioria dos grandes centros populacionais, bastante presente no Brasil, também possui grande influência na maneira que a população inserida nesse modelo evoluiu. No decorrer dos anos esse fator em conjunto com vários outros, influenciou e influenciam na redução de qualidade de vida dos indivíduos residentes nessas áreas (SILVA et al., 2018).

Pautando-se nessa alegação, a realidade vivida pelos grandes centros urbanos brasileiros, que se caracteriza pelos inúmeros problemas atrelados ao crescimento desordenado, ausente de planejamento gerando evidente desequilíbrio com o meio ambiente (ALBUQUERQUE, 2016).

No município de Recife, como em tantas outras cidades do País, a expansão urbana acontece principalmente nas regiões periféricas e encostas, que na cidade são comumente ocupadas por famílias com baixa renda per capita (SCHLEE, 2013). Essas regiões de encosta têm vários condicionantes que determinam a estabilidade desde fatores físicos, como a permeabilidade do solo, como fatores ocasionados pela ação antrópica, como a taxa de áreas cobertas por vegetação (VICTORINO; SESTREM; KORMANN, 2017).

Segundo Schlee (2013), o processo de ocupação dessas encostas acontece de maneira desgovernada impactando negativamente a área, por meio de queimadas, desmatamentos, deposição irregular de resíduos, etc.

Dentre os problemas acima mencionados, a questão dos resíduos sólidos tem despertado bastante interesse como temática de debates. No contexto do Brasil a questão da sua gestão vem sendo discutida a pelo menos duas décadas, até que em 2012 foi publicada a lei nº 12.305/10 que trata sobre a política nacional dos resíduos sólidos (DE ALMEIDA; DE SIQUEIRA BRANDÃO; DA COSTA, 2015).

De acordo com Araújo et al. (2018), os resíduos sólidos quando são descartados irregularmente em áreas sujeitas a desastres, além de propiciar a proliferação de insetos e roedores, acarretam no agravamento dos problemas relacionados as esferas física e social.

A problemática dos resíduos, aplicada à fragilidade ambiental, no Recife é de enorme complexidade, tanto nas esferas social e ambiental como na econômica (ALMEIDA; BAYER; FERREIRA JUNIOR, 2016). Com esses pressupostos em mente, a presente pesquisa tem como objetivo a avaliação dos impactos ambientais provocados pelo descarte irregular de resíduos sólidos em uma área de encosta do bairro de Dois Unidos, na zona norte da cidade, a partir de registros fotográficos e análises empírica. Foram empregadas técnicas investigativas aplicadas às definições de fragilidade ambiental apresentada originalmente por Ross (1994) e mais a frente aprofundada por Oliveira Santos (2015).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Caracterização da área

O bairro Dois Unidos (Figura 1), objeto de estudo, pertence à segunda Região Político-Administrativa do Recife (RPA-2), possui área territorial de 312 hectares quadrados e com número de população residente de 32.805 habitantes (IBGE, 2010). O território do bairro contempla da Reserva Ecológica de Dois Unidos e é cortada ainda por dois rios: Rio Beberibe e Rio Morno. Este bairro esteve em constante crescimento, tendo aumento significativamente o

número de novas habitações. Segundo o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a taxa de crescimento da população do bairro entre os anos 2000/2010 foi de 1,91%.

Segundo Leite (2008), a área do bairro de Dois Unidos é predominantemente urbana, já se encontra bastante ocupada, com precárias condições de infraestrutura, tendo o crescimento desordenado provocado sérios problemas para o espaço natural principalmente no que se refere aos impactos ambientais causados pela urbanização. Esse tipo de interferência, de acordo com Cunha e Bacani (2016) tem grande peso na determinação da fragilidade ambiental daquela área.

Figura 1. Área de estudo em Recife-PE, Brasil



Fonte: Google Maps (2018).

Gestão dos resíduos sólidos

É impossível negar a importância que o exercício de uma política de gestão eficiente dos resíduos sólidos tem para o desenvolvimento sustentável e seguro de uma sociedade.

A gestão dos resíduos sólidos é um dos grandes desafios do futuro para a sociedade mundial. Tanto de forma qualitativa, que de acordo com Freitas et al. (2016) tem influência negativa na fragilidade ambiental, quanto quantitativamente, com dados surpreendentes com 5,25 trilhões de resíduos plásticos (RIBEIRO; INOUE, 2016) na superfície do mar.

Como tentativa de influenciar no seu emprego e minorar os impactos de causados por uma gestão ineficiente que algumas políticas públicas vêm surgindo no Brasil e no mundo, possibilitando um ordenamento jurídico que viabilize a regulação desses resíduos (ARAÚJO et al., 2018).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é regida pela Lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010) e busca organizar a maneira com que o país trata os seus rejeitos, além de exigir dos setores públicos e privados transparência dos sistemas aplicados no gerenciamento destes resíduos (LEMOS, 2011). Mesmo após a aprovação da lei supracita, as suas metas e prazos fixados não foram atendidos pelos municípios.

A Secretária das Cidades de Pernambuco (SECID/PE) em conjunto com outros 14 municípios, estabeleceu o Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos (PMRS) (PERNAMBUCO, 2011), tendo como principais diretrizes a segurança do atendimento dos serviços de limpeza urbana à população; coletar, remover, tratar e destinar os resíduos sólidos de forma adequada; incentivar e promover educação ambiental na comunidade. Foram levados em conta para a elaboração a caracterização dos resíduos e a final destinação dos resíduos.

De acordo com levantamentos da SECID/PE para a formulação do PMRS, eram recolhidas aproximadamente 144.583 toneladas de resíduos de origem comercial, doméstica e pública com uma taxa de 4.819 toneladas por dia e produção per capita de 1,317 kg/hab/dia na Região Metropolitana do Recife (RMR). (PERNAMBUCO, 2011).

A destinação final dos resíduos de acordo com Waldman (2013), é segmentada em relação às tipologias de recebimento, sendo essas:

- Lixões: que recebem o resíduo sem nenhuma preparação do solo/planejamento geralmente a céu aberto, o que os caracterizam ambientes que servem de vetores para contaminação tanto dos que ali frequentam como do solo e/ou lençóis freáticos da localidade (SILVA, I.; SILVA, R.; SILVA, D., 2018);
- Aterros Controlados: tem pouca diferenciação em relação aos lixões diferenciando-se por possuir pequenas ações de cuidado no seu manejo, configurando-se como são uma categoria de intermediária entre o lixão e o aterro sanitário (NASCIMENTO et al., 2015);
- Aterros Sanitários: De acordo com França e Silva Filho. (2018) é a tipologia de destinação adequada de descarte para os resíduos sólidos, é recomendada pela Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010).

Dos municípios que formam a Região Metropolitana do Recife (RMR) sete destinam seus resíduos para lixões, claramente indo contra ao estabelecido pela PMRS, outros três destinam seus resíduos sólidos para aterros controlados, contudo esses municípios são os responsáveis por 60% de todos os rejeitos gerados na RMR. E por fim os quatro municípios restantes destinam os seus RS para dois aterros sanitários privados. (PERNAMBUCO, 2011).

A destinação dos resíduos sólidos provenientes do bairro de Dois Unidos, objeto do artigo, é para o aterro controlado CTR Candeias localizado no bairro da Muribeca, no município de Jaboatão dos Guararapes-PE. Esse aterro controlado é administrado pela iniciativa privada.

Fragilidade ambiental

Com a maior atenção que vem sendo disponibilizada as causas dos problemas que acometem os meios, urbanos e ambiental, formas de qualificar e/ou quantificá-las vem surgindo. Por meio do estudo dessas causas é possível diagnosticar as condições de fragilidade ambiental que a região de estudo está submetida (CESSA; SOARES, 2013).

Segundo Batista e Silva (2013), a fragilidade ambiental potencial é caracterizada pela fragilidade natural a que uma determinada área está submetida, ou seja, em função de suas características físicas, bem como: tipo de solo, declividade, índice de pluviosidade, entre outros. Ainda existe a possibilidade de se fazer a análise da fragilidade emergente, considerando os indicadores ambientais, acrescentando o fator humano, ou seja, o resultado das ações antrópicas no solo da região.

Segundo Stephan (2010), esses fatores se caracterizam como um processo rápido e altamente destrutivo causado por desmatamentos, cortes de estradas, ocupação desordenada das encostas, etc., que podem deixar os solos desprotegidos da cobertura vegetal e suscetíveis à incidência direta da chuva sobre a superfície do terreno.

A área do bairro Dois Unidos encontra-se adjacente a um fragmento de mata atlântica protegida por lei como uma Unidade de Conservação (UC) estadual e, parte dela constitui Floresta Urbana. Apesar da proteção pública o local vem experimentando avançada taxa de regressão de área verde e degradação ambiental (OLIVEIRA, 2011).

METODOLOGIA

Realizou-se visita ao local selecionado para mapeamento da área por meio de registros fotográficos e aplicação de *checklist*. Este último serviu para avaliar o grau de risco de novos deslizamentos de terra na área estudada e como a disposição irregular dos resíduos sólidos pode contribuir nesse processo. No *checklist* utilizou-se de uma adaptação da metodologia de Tommasi (1994) da qual se apresentam alguns indicadores, sendo eles:

- Expansão urbana;
- Construções/edificações;
- Processos erosivos;
- Degradação vegetal;
- Cortes de madeira;
- Deposição de resíduos sólidos;
- Invasão de áreas protegidas.

Os valores apresentados foram determinados com embasamento nas revisões bibliográficas e de caráter subjetivo dos autores. Os indicadores empregados estão relacionados aos fatores antrópicos, sendo classificadas com peso 1, 3 ou 5. Essa classificação significa respectivamente: peso pequeno, peso moderado ou peso extremo. O efeito é a valoração da intensidade que o fator antrópico impacta na região de estudo. O valor dos efeitos possui sinal negativo e podem variar entre 1, 3, 5 e 0, sendo a nota zero (0) pontuada quando se observa a ausência da ocorrência.

A classe representa a multiplicação do valor do peso de cada indicador pela nota dada ao seu efeito. O somatório dos valores da coluna classe ($\sum C$) fornece o índice geral do impacto, podendo ser interpretado da seguinte maneira:

- $\sum C$ entre -1 e -100 = impacto pequeno;
- $\sum C$ entre -100 e -170 = impacto moderado;
- $\sum C > -170$ = impacto extremo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada uma visita exploratória no mês de abril de 2018 à Rua Leôncio Rodrigues, em Dois Unidos no Recife-PE, sendo este o local onde se registrou o último deslizamento de terra com consequências fatais. A visita teve como objetivo mapear o entorno da área do deslizamento e avaliar por meio de *checklist* o grau de risco para ocorrência de novos deslizamentos e como a disposição irregular dos resíduos sólidos pode influenciar esta movimentação de terra (Figura 2). Observou-se que os resíduos sólidos encontrados, em sua maior parte, eram de podas da vegetação e resíduos domésticos. Esse fato pode caracterizar a ineficiência do serviço público de coleta urbana no bairro estudado.

Figura 2. Ponto de disposição de resíduos sólidos.



Fonte: Autores (2018).

Durante a visita pode se constatar também que no local ainda haviam resíduos provenientes do deslizamento de terra, ocorrido em junho de 2017 que resultou na morte de duas pessoas (G1, 2017), não haviam sido removidos do local e que as edificações destruídas pelo incidente, por necessitarem ser demolidas, também se caracterizariam como resíduo (Figura 3).

Figura 3. Residência destruída pelo deslizamento de terra.



Fonte: Autores (2018).

Os Resíduos de Construção Civil (RCD), de acordo com as normas nacionais vigentes, devem ser classificados e encaminhados a aterros sanitários. A cidade de Recife possui sistema de coleta seletiva de lixo e resíduos sólidos através da Empresa Metropolitana de Limpeza Urbana (EMLURB), que os direciona ao Aterro privado CTR Candeias, especificamente no caso do bairro de Dois Unidos. Para compor o *checklist* foram selecionados os fatores antrópicos que afetam potencialmente os riscos de deslizamentos. Esses processos rápidos de degradação ambiental em encostas se assemelham bastante ao proposto por Stephan (2010).

De acordo com os dados coletados, o índice geral dos impactos ambientais causados pelos fatores antrópicos no bairro Dois Unidos, Recife-PE, foi considerado como impacto extremo (-175), resultado de impactação alto como os resultados encontrados por Cunha e Bacani (2016) que obtiveram valores similares para 77,46 % das áreas estudadas de (Tabela 1).

Tabela 1. *Checklist* dos principais fatores antrópicos no bairro Dois Unidos.

Indicadores	Peso	Efeito	Classe

Expansão urbana	5	-5	-25
Construções/edificações	5	-5	-25
Processos erosivos	5	-5	-25
Degradação vegetal	5	-5	-25
Cortes de madeira	5	-5	-25
Deposição de resíduos sólidos	5	-5	-25
Invasão de áreas protegidas	5	-5	-25
Total			-175

Fonte: Autores (2018).

Expansão urbana e construções/edificações

No processo de expansão urbana ocorre a migração de pessoas para algumas áreas e consequentemente o adensamento da comunidade nesses locais com o surgimento de novas moradias, comércio, etc. No objeto de estudo que possui uma Unidade de Conservação (UC), referente a Mata de Dois Unidos, essa expansão promoveu a ocupação no entorno da área sob proteção. Atualmente possui uma taxa de urbanização, que caminha sem o menor controle de urbanização, muito maior ao encontrado por Leite (2008), agravando ainda mais a impactação no meio.

Observou-se que entre as construções foi possível encontrar áreas descobertas na qual a vegetação foi suprimida, deixando o solo desprotegido e suscetível à incidência direta de águas pluviais. Além disso, registrou-se que as canaletas para drenagem superficial estavam entupidas pelos resíduos sólidos. De acordo com os fatos mencionados, pontuou-se o efeito da expansão urbana e das construções/edificações na promoção de impactos favoráveis ao deslizamento de terra com nota máxima (-5), cada um. Com a majoração da nota pelo peso do indicador, resultou em classe (-25).

Processos erosivos

Os processos erosivos no bairro já são sentidos pela comunidade local e podem ser percebidos facilmente com a presença de encostas, as quais foram protegidas por lonas, medida empregada pela prefeitura da cidade do Recife. Esses processos foram intensificados em Dois Unidos aos fatores antrópicos incluindo expansão urbana e as construções/edificações. Assim, o efeito do indicador processos erosivos foi pontuado, também, com nota máxima (-5), similar ao constatado por Victorino e Sestrem e Kormann (2017).

Degradação vegetal e corte de madeira

A degradação ambiental pode ser entendida como os processos e ações que alteram a biodiversidade vegetal de um lugar. Essa biodiversidade pode ser afetada pelo desmatamento, queimadas e poluição, além do intemperismo natural como a chuva, ventos, raios, etc. Resultados de estudos realizados por Oliveira (2011) no fragmento florestal passou por um processo de grande perda da vegetação ao longo de 33 anos (415%), enquanto a área urbana no entorno teve um aumento de 264%. Deste modo, pôde-se verificar que um grande processo de degradação vegetal afeta a área em estudo. Foram identificados pontos onde se encontravam troncos de árvores cortados e descartados irregularmente (Figura 4), caracterizando o corte de madeira. Após a análise dos indicadores degradação ambiental e corte de árvores foi percebido como um agente em potencial ao deslizamento de terra, tendo resultado na avaliação de classe (-25)

Deposição de resíduos sólidos

A deposição de resíduos sólidos compõe o checklist como um dos principais fatores antrópicos no bairro Dois Unidos, Recife-PE onde a sua disposição irregular provoca poluição do solo e que, após ocorrência de chuvas, os resíduos são encaminhando para a rede de esgoto e

provocam o entupimento dos canos de drenagem superficial. Vale ressaltar que este indicador foi um dos principais agravantes para o deslizamento de terra registrado em Dois Unidos, em 2017. Identificou-se a obstrução da rede de drenagem com resíduos sólidos. A deposição irregular de resíduos sólidos é um indicador que apresenta impacto de alto risco para área de encostas. Deste modo, seus efeitos foram pontuados, também valoração máxima (-5).

Figura 4. Troncos de árvores descartados irregularmente.



Fonte: Autores (2018).

Invasão de áreas protegidas

Segundo Oliveira (2011) dentre os impactos provocados pelo crescimento urbano no entorno da Mata de Dois Unidos podem ser destacados: a invasão de áreas das margens e construções na área de mata, a perda de cobertura vegetal devido à degradação, a poluição hídrica e do solo com dispersão dos resíduos e os processos erosivos. Desta maneira, avaliou-se o efeito do indicador invasão de áreas protegidas, com nota (-5). Aplicando a majoração do peso pelo efeito, obteve-se a classe (-25).

CONCLUSÕES

A degradação do meio natural é proveniente de ações comprovadamente antrópicas na localidade. O fato é uma realidade de áreas de periferia caracterizadas por essa tipologia de relevo. A incorreta deposição dos resíduos sólidos nas áreas de encostas tem impactado tanto no âmbito social quanto no ambiental no bairro de Dois Unidos – Recife-PE, pois, resulta em problemas nas esferas de saúde, segurança ambiental e socioeconômica. A responsabilidade de conservação das áreas de encosta recai principalmente sobre a população que ali reside, que necessita de conscientização da importância da deposição regular dos resíduos sólidos.

Dos resultados dos indicadores dos impactos ambientais utilizado na metodologia todos apresentaram nota máxima de (-5), o que levanta o alerta para as condições seríssimas que a localidade se encontra. Vale levar em consideração que fatores como o de Processos Erosivos tem suas raízes do conjunto de impactos causados por outros fatores como a Degradação Vegetal, Deposição de Resíduos Sólidos e Construção de Edificações que quando encontrados no estado de impacto corrente, nota (-5), é um indicativo alarmante para as áreas dessa tipologia.

O acidente que ocorreu na encosta em 2017, serve como um alarmante indicativo do quão urgente é a necessidade de acompanhamento e a tomada de medidas para prevenir futuros deslizamentos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, R. A. **Análise de uma encosta em área de risco no município de Jaboatão dos Guararapes-PE**. 2016. 154p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco. Recife, PE. 2016.

ALMEIDA, R. F. B.; BAYER, M.; FERREIRA JÚNIOR, L. G. Compartimentação morfométrica da Bacia do Rio Coco como subsídio a análise de fragilidade ambiental. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 15, n. 4, 2016.

ARAÚJO, F. N. F.; ARAUJO, V. B.; MARTINS, M. F.; BARBOSA, M. F. N. Impactos socioambientais provocados por resíduos sólidos em terrenos baldios de Campina Grande-PB; um olhar fotográfico. In: EL-DEIR, S. G.; SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P. (Org.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. Recife: EDUFRPE, p. 104-120, 2018. ISBN 978-85-7946-313-6.

BATISTA, J. P. G.; SILVA, F. M. Avaliação da fragilidade ambiental na microbacia do riacho Cajazeiras no semiárido Potiguar. **Boletim Goiano de Geografia**. v. 33, n. 1, p. 53-72. 2013.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 15 mar. 2018.

CESSA, R. M. A.; SOARES, M. H. Potencial de fragilidade ambiental no município de Santa Terezinha-MT identificado pela caracterização de áreas naturais e antropizadas. **Revista Agrogeoambiental**, v. 5, n. 3, 2013.

CUNHA, E. R.; BACANI, V. M. Caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Come Onça, Água Clara/MS. **Acta Geográfica**, v. 10, n. 22, p. 193-205, 2016.

DE ALMEIDA, M. L.; DE SIQUEIRA BRANDÃO, J. A.; DA COSTA, C. E. S. Implantação de Políticas de Resíduos Sólidos em Pernambuco: um estudo a partir da teoria institucional e das redes interorganizacionais. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 10, n. 3, p. 17, 2015.

FRANÇA, K. R. S.; SILVA FILHO, J. A. Análise espacial do gerenciamento de resíduos sólidos no município de Patos-PB. In: EL-DEIR, S. G.; SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P. (Org.). **Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais**. Recife: EDUFRPE, p. 104-120, 2018. ISBN 978-85-7946-313-6.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **Censo 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>> Acesso em: 12 de abril de 2017.

GOOGLE MAPS. **Dois Unidos, Recife-PE**. 2018. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/vt/data=5ChStSrt5X09usGmEJ8x_Ok0DxX9eh5tatxQHnS9LUW95JQvIw19BUpfwaUfhqVZ-X2sS1j8P3jql6DoXZk9AvJ65qgoD-9sezyp5PGTfG2tefrxA-CMP4-Skl19T-LKJhBzhuIJ4U9q6LiUyRfFUjhntPIdkqYg_Km6233sijLIPsULv7ZDJe6rxz_i1Kp80sDAgZZozQ0m_s_l5v20VuHqNyee_Qh_1INODXLcg5SdBnom5rHOJkk2OMkSYgRqnEB6o7bKC0mN0eM-0gzPetAuO8KhAoZZPoNpruTXxjxBieQSS3dByaao6g>. Acesso em: 20 de outubro de 2018.

G1. **Deslizamento de barreira que matou dois ocorreu em área monitorada pela Defesa Civil do Recife**. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pernambuco/noticia/deslizamento-de-barreira-que-matou-dois-ocorreu-em-area-monitorada-pela-defesa-civil-do-recife.ghtml>>. Acesso em: 01 de abril de 2018.

LEMOS, P. F. I. **Resíduos sólidos e responsabilidade civil pós-consumo**: Lei da política nacional de resíduos sólidos (Lei 12,305/2010), Decreto regulamentador (Dec. 7,404/2010), Responsabilidade compartilhada, logística reversa. Editora Revista dos Tribunais, 2011.

MACEDO, M. C. **Investigação sobre o comportamento geomecânico de misturas de solo com resíduos de pneus e resíduos de construção e demolição**. 2016. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco. Recife, 2016.

NASCIMENTO, V. F.; SOBRAL, A; C.; ANDRADE, P. R.; OMETTO, J. P. H B. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Ambiente Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 10, n. 4, p. 889-902, 2015.

- OLIVEIRA, C. B. S. **Análise espaço-temporal e do estado de degradação em fragmento de Mata Atlântica: Mata de Dois Unidos em Recife/PE.** 2011. 60p. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE. 2011.
- OLIVEIRA, SANTOS, J. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 14, n. 2, 2015.
- PERNAMBUCO. **Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos–PMRS.** Secretaria das Cidades – SECID. Recife, 2011.
- RIBEIRO, T. M. M. L.; INOUE, C. Y. A. Sustainable consumption and production patterns: solid waste and governance challenge from local to global. **Meridiano 47**, v. 17, 2016.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade empírica dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Depto de Geografia da USP.** n.8, 1994.
- SCHLEE, M. Ocupação de encostas urbanas: algumas considerações sobre resiliência e sustentabilidade. **Cadernos Metrópole**, v. 15, n. 29, p. 241-264, 2013.
- SILVA, I. H. F. R; SILVA, R. M. S; SILVA, D. K. S. A. B. **Trabalho realizado no lixo; um lixão, uma renda e a subsistência.** In: EL-DEIR, S. G.; SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P. (Org.). Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 173-185.
- SILVA, T. A.; SANTOS, M. J. P.; LAFAYETTE, K. P. V. Impactos ambientais provenientes da expansão urbana em uma encosta do bairro de dois unidos em Recife-PE: Um olhar fotográfico. In: V Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental (COBESA), v. 5, 2018, Juazeiro, BA, Brasil. **Anais [...]** Juazeiro, BA, Brasil, 2018. ISBN 978-85-5322-027-4.
- STEPHAN, A. M. **Análise de processos erosivos superficiais por meio de ensaio de Inderbitzen.** 2010. 165p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2010.
- TOMMASI, L. R. **Estudo de Impacto Ambiental.** São Paulo, 1993.
- VICTORINO, M. M.; SESTREM, L. P.; KORMANN, A. C. M. Definição de uma faixa pluviométrica crítica para deflagração de movimentos de terra em taludes rodoviários localizados no trecho da serra do mar da rodovia BR-376/PR. **Transportes**, v. 25, n. 1, p. 113-120, 2017.
- WALDMAN, M. Lixo domiciliar brasileiro: modelos de gestão e impactos ambientais. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 33, n. 2, 2013.

1.8. ABORDAGEM QUALITATIVA DA SUSCETIBILIDADE AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS EM PEREIRO – CE

AQUINO, Yara Caroline de

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

yara.aquino26@gmail.com

FREIRE, Bruno da cunha

UFERSA

brunoaurora@gmail.com

MORAIS, Geversson Pinheiro Dias Fernandes de

UFERSA

geversson93@gmail.com

BEZERRA, Joel Medeiros

UFERSA

Joel.medeiros@ufersa.edu.br

RESUMO

A água apresenta múltiplos usos, no qual o prioritário é o abastecimento público. Para esse tipo ela deve apresentar quantidade e qualidade satisfatória, atendendo a padrões de potabilidade. Diante disso, o presente estudo visa caracterizar o cenário em que se encontra o manancial do açude Adaauto Bezerra do município de Pereiro/CE. Tomando-se por base trabalhos publicados referentes ao tema em estudo, foi possível realizar a discussão a respeito da contaminação pelo lançamento de efluentes domésticos não tratados, resíduos sólidos, defensivos agrícolas, fertilizantes e fezes de animais, possibilitando a descrição da vulnerabilidade hídrica em que se encontra a área urbana do município. O estudo também teve caráter exploratório com visitas *in loco*, registros fotográficos das áreas analisadas e entrevista. Verificou-se que a água do manancial conta com escassez tanto em termos quantitativos (pelo período prolongado de estiagem) quanto qualitativos (pela possível presença de substâncias tóxicas e patógenos). Diante disso, é primordial que o poder público e a sociedade civil promovam a conservação desse recurso tão valioso.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos naturais, Água, Contaminantes.

INTRODUÇÃO

O recurso natural pode ser definido como sendo qualquer elemento da natureza que possa ser explorado pelo homem (VENTURI, 2006). Sendo que a água se apresenta como um recurso natural renovável, e tal renovação é promovida pela circulação que a água faz da superfície para a atmosfera, e da atmosfera para a superfície, mediante ciclo hidrológico. Essa circulação acontece pela mudança do seu estado físico (líquido, gasoso e sólido) (VITÓ et al., 2016). A água presente na superfície, por intermédio da energia gerada pelo sol, sai de seu estado líquido para gasoso, o vapor de água vai subir até se resfriar e se transformar em gotas de água novamente. A precipitação pode ocorrer na forma de chuva, neve ou granizo, retornando dessa forma à superfície. E o processo todo é reiniciado (PIPE, 2015).

Sendo considerado um mineral abundante na superfície terrestre, o qual cobre cerca de 70% da mesma, ela pode ser encontrada na superfície (como oceanos, mares, rios e lagos), na camada subterrânea (lençóis de água existentes no subsolo e nascentes naturais) e na atmosfera (como vapor d'água). Apesar da água se apresentar em grande quantidade no planeta, apenas 0,003% do volume total é diretamente aproveitado pelo homem, isto é, está disponível em qualidade e fácil acesso. Além disso, a água doce é distribuída de maneira heterogênea no espaço e no tempo e tem ligação direta com a formação das paisagens. Em algumas regiões a água pode se apresentar em abundância, como nas florestas tropicais (caracterizadas por alta umidade), enquanto que em outras regiões ela pode se apresentar quase “ausente”, como nos desertos e regiões semiáridas (BRAGA et al., 2005).

Este mineral é responsável pela manutenção da biodiversidade e dos ciclos no planeta, sendo essencial por nutrir as plantas e produzir belas paisagens, proporcionando a sobrevivência e desenvolvimento econômico e cultural da espécie humana (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2011). Além do mais qualquer forma de vida depende da presença de água.

A quantidade de água no planeta Terra não aumenta ou diminui (GARCEZ; GARCEZ, 2012). Apesar disso, muito se fala em escassez hídrica. Isso porque houve grande aumento populacional e consequentemente seu consumo (por pessoas e empresas) muitas vezes desordenado (OLIVEIRA, 2016). Além do mais, ao longo do tempo a água doce disponível vem sendo degradada pelo lançamento de efluentes não tratados, diminuindo dessa forma a sua qualidade, impedindo ou limitando, o uso para consumo humano (VASQUEZ et al., 2014).

Os múltiplos usos da água e do solo, bem como as diversas atividades potencialmente poluidoras executadas pelo homem nas proximidades de mananciais geram impactos negativos na qualidade da água, comprometendo a aceitação e segurança para consumo humano (VIEIRA, 2013).

No cenário nacional, os reservatórios e mananciais do semiárido são os mais afetados pela escassez de água em termos quantitativos. A seca prolongada gera danos à produção agrícola, e consequentemente à população que dela depende (SILVA et al., 2017). De acordo com Grigoletto et al. (2016), a seca também interfere na qualidade da água, pois potencializa a fragilidade relacionada com o saneamento, visto que torna-se difícil conciliar a economia de água com a proteção sanitária.

O município de Pereiro, situado no interior do estado do Ceará, enfrenta um cenário de crise hídrica há aproximadamente dois anos, momento em que esgotou o volume útil do manancial do açude Adaute Bezerra, responsável pelo abastecimento urbano. Mas o problema não se restringe apenas a quantidade de água disponível, mas também a qualidade, visto que os poços cavados na área do açude contam com a presença de potenciais fontes poluidoras em seu entorno, aumentando a possibilidade de contaminação dos recursos hídricos. Diante desse contexto, o estudo teve por finalidade descrever o cenário de vulnerabilidade hídrica do município de Pereiro/CE, bem como, subsidiar estudos futuros e ações de intervenção – controle e recuperação – no que diz respeito a esse recurso natural.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A água além de ser um recurso natural essencial à vida (humana, animal e vegetal), é utilizada para outros fins relativos aos aspectos econômicos, sociais e culturais de uma sociedade (ANDRADE et al., 2015). As demandas por água apresentam múltiplas finalidades. Entre os usos mais comuns pode-se citar: abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, geração de energia elétrica, diluição de despejos, navegação, recreação e lazer (DERISIO, 2012). E esses usos podem estar propensos a impactar de forma potencial ou efetiva os recursos hídricos, sejam eles superficiais ou subterrâneos. A maior ou menor vulnerabilidade hídrica vai depender de vários fatores como a ação antrópica, condições climáticas, estrutura geológica, cobertura vegetal e outros (CARVALHO, 2012).

Dentre os diversos usos da água, o abastecimento humano é considerado o mais nobre (DERISIO, 2012). A qualidade de vida do ser humano depende do fornecimento de uma água de qualidade, visto que ela apresenta forte relação com a saúde e é utilizada no consumo direto, mas também de forma indireta (na higiene pessoal, no preparo de alimentos, lavagem de casa e etc.). Para que a água apresente qualidade satisfatória, ela deve proporcionar condições adequadas, ou seja, deve conter substâncias essenciais à vida, e ao mesmo tempo deve ser isenta de substâncias tóxicas que possam produzir efeitos negativos ao conjunto de seres vivos que a utilizam. E quando essa qualidade é totalmente comprometida, pode tornar inviável a utilização do recurso pelo alto custo de tratamento (BRAGA et al., 2005). Nesse sentido, deve haver o gerenciamento de recursos hídricos, promovendo a sustentabilidade, de modo a recuperar áreas degradadas (qualidade dos corpos hídricos degradados), otimizar os usos e controlar os desperdícios (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

O saneamento básico também representa um componente fundamental na garantia da saúde e bem estar da população (CRISPIM et al., 2016). Entretanto, nem sempre esse serviço público é ofertado de maneira eficiente. De acordo com Gois, Nogueira e Moraes (2013), a insuficiência ou inexistência de serviços de saneamento básico geram enfermidades e mortes.

O comprometimento da qualidade da água é intensificado pelas constantes agressões proporcionadas pelo homem, tais como retirada da mata ciliar, edificação nas margens dos corpos hídricos, assoreamento, aterros, lançamento de efluentes não tratados e outras, acarretando dessa forma, uma série de danos à população que faz uso desse recurso, bem como à fauna e à flora (ASSIS; SILVA; MELO, 2018). Além das modificações do ambiente, tem-se o lançamento de distintas fontes de contaminação da água subterrânea, as quais podem ser citadas os vazadouros a céu aberto, aterros mal operados, efluentes e resíduos das atividades industriais e acidentes com substâncias tóxicas. O lixiviado resultante do processo de degradação dos resíduos sólidos provenientes de vazadouros a céu aberto e aterros controlados é altamente danoso, pois é constituído de substâncias de origens distintas, tais como metais pesados, matéria orgânica, excrementos humanos e animais, entre outras (LINS; LINS; SANTOS FILHO, 2018). Neste sentido, a presença de vazadouros constitui um problema ambiental e socioeconômico que gera impactos ambientais negativos e por isso carece de atenção por parte da população e principalmente dos gestores e órgãos públicos (MELO; ALENCAR, 2018).

Dessa forma, é necessário que o homem entenda que muitos recursos naturais são finitos (BITTENCOURT; PEREIRA, 2014) e que a natureza não tem o poder de se resiliir diante da quantidade imensa de resíduos que produzimos diariamente e descartamos, muitas vezes de forma aleatória.

É fundamental que cada indivíduo passe a repensar a sua relação com tais resíduos. A princípio, deve-se buscar a não geração, tal como reduzir e só depois reutilizar e reciclar. Pois de acordo com Santos et al. (2018), a alta taxa de geração intensifica os problemas relacionados com os resíduos sólidos e sua destinação final. Tal cenário de despejo de resíduos de forma aleatória,

associado com as pressões antrópicas de substituição de uso do solo, corroborando com a pressão da ausência dos elementos do saneamento básico, tem contribuído na vulnerabilidade hídrica, seja modificando a qualidade/quantidade dos corpos hídricos superficiais, tal como subterrâneos (ANDREAZZI; BARCELLOS; HACON, 2007).

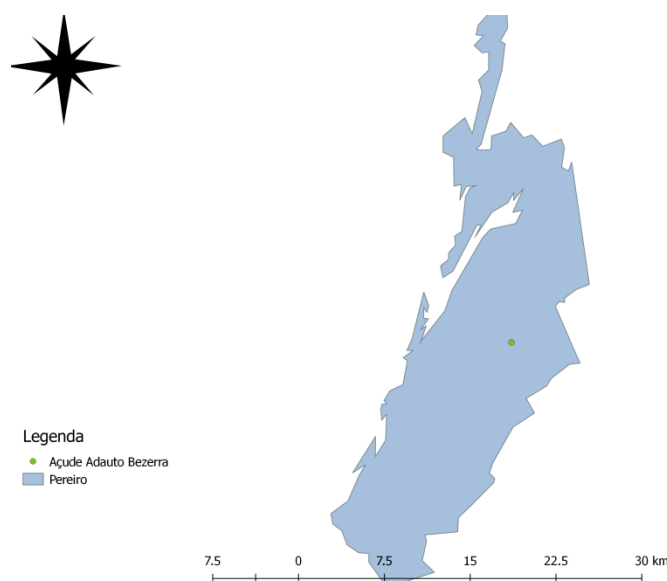
É impossível revogar todos os danos que a humanidade propiciou à natureza. Apesar disso, é possível propor soluções que possam amenizar os efeitos da degradação ambiental causados até o momento e preservar, conservar e reaproveitar os recursos disponíveis, com a finalidade de minimizar os danos e garantir a equidade entre a disponibilidade e uso dos recursos naturais (BITTENCOURT; PEREIRA, 2014).

METODOLOGIA

Área de estudo

O município de Pereiro está situado no estado do Ceará. De acordo com o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a referida cidade conta com uma população de 15.757 habitantes, possui uma área de 433,514 km², densidade demográfica de 36,35 hab/Km². A figura abaixo possibilita identificar a localização do município, tal como a localização do açude Adauto Bezerra (Figura 1).

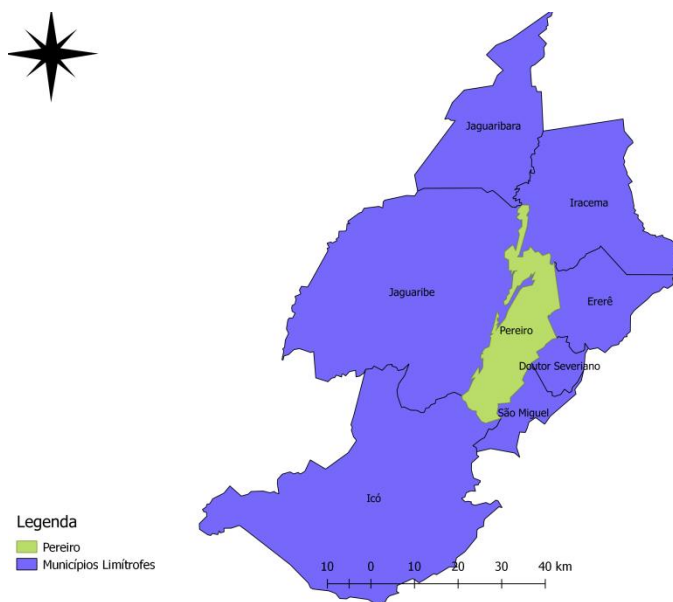
Figura 1. Localização do município de Pereiro/CE e açude Adauto Bezerra.



Fonte: Autores, 2018.

Em Pereiro/CE faz fronteira a Norte com os municípios de Iracema/CE, Jaguaribara/CE e Jaguaribe/CE, ao Sul com o município de Icó/CE, a Leste com estado do Rio Grande do Norte, Ererê/CE e Iracema/CE e a Oeste os municípios de Jaguaribe/CE e Icó/CE (figura 2). De acordo com a Secretaria dos Recursos Hídricos do Governo do Estado do Ceará (2017), o Açude Adauto Bezerra está situado no município de Pereiro no Estado do Ceará. Faz parte da bacia Médio Jaguaribe, e é uma barragem tipo terra homogênea, com capacidade de armazenamento de água de 5.250.000 m³. O abastecimento público do município é feito por intermédio desse açude, nessas condições, ele é um reservatório importantíssimo, pois, armazena o mineral que é fundamental à vida e as demais atividades executadas pelo homem, a água.

Figura 2. Municípios que fazem fronteira com Pereiro/CE.



Fonte: Autores, 2018.

O semiárido brasileiro apresenta irregularidades de distribuição de precipitações no tempo e no espaço geográfico, isto é, há imprevisibilidade quanto a área e quando haverá precipitação. São essas chuvas irregulares que marcam muitos cenários de secas (SCHISTEK, 2013). E isso agrava os problemas associados à qualidade, visto que há a necessidade de se buscar fontes alternativas para o abastecimento (CAVALCANTE, 2014). Uma estratégia muito utilizada é a perfuração de poços, entretanto este recurso de emergência é suscetível a desastres como a poluição e contaminação (VRBA, 2016). E é nesse contexto que está inserido o município de Pereiro/CE.

Na região, a média pluviométrica é de 950 mm/ano. Com relação à temperatura, a média das máximas é de 30°C e a média das mínimas é de 28°C. Como atividades econômicas as de maior destaque estão relacionadas à produção de alimentos (milho, arroz, feijão, frutíferas, capim elefante, palma forrageira, cana, verduras das mais variadas espécies e outros) e criação de animais, bovinos, suínos, caprinos e outros (PEIXOTO, 2013). A cidade também conta com a presença de empresas (de telecomunicações e de fabricação de polpa de frutas) e comércios de produtos e serviços. É importante destacar que em todas as atividades econômicas mencionadas há a utilização do recurso natural em destaque, a água.

O clima da região é tropical quente sub-úmido e tropical quente semiárido brando. O relevo é composto de maciços residuais e depressões sertanejas. Seus solos são litólicos, bruno não cálcico e podzólico vermelho-amarelo. A vegetação é composta pela caatinga arbustiva densa, caatinga arbustiva aberta, floresta caducifólia espinhosa e floresta subcaducifólia tropical pluvial. Está situada na bacia hidrográfica Médio Jaguaribe (IPECE, 2017). De acordo com Feitosa (1998), os riachos do Brum, São Caetano e Pitombeiras são os drenos superficiais principais e o reservatório superficial mais altivo é o açude Adauto Bezerra.

Procedimentos metodológicos

A vulnerabilidade hídrica foi analisada tomando-se por base trabalhos publicados referentes ao tema em estudo possibilitando a realização da discussão a respeito do lançamento de efluentes domésticos não tratados e resíduos sólidos, contaminação por defensivos agrícolas, fertilizantes e fezes de animais, de modo a promover a descrição da vulnerabilidade hídrica em que se encontra o município, tendo dessa forma um caráter bibliográfico. O estudo realizado foi de cunho qualitativo, isto é, não foi feita nenhuma análise laboratorial. De acordo com Gil (2008),

a pesquisa também teve caráter exploratório, visto que foram realizadas visitas *in loco*, com o auxílio do equipamento de receptor GPS 78s foram coletados pontos (latitude e longitude) para promover a localização das áreas analisadas, bem como, foram feitos registros fotográficos dos cenários em questão e entrevista com um funcionário da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), responsável pelo abastecimento público. Além disso, foram empregados os recursos da ferramenta Google Earth Pro para a obtenção de imagens de satélites e espacialização dos dados de campo.

A área analisada restringiu-se a sede, especificamente a área do Açude Adauto Bezerra, por se tratar do manancial que abastece a cidade há bastante tempo. Na entrevista, os questionamentos feitos a respeito da água foram simples e objetivos, tais como: o ano em que o açude foi construído, a data que secou, quando os poços foram perfurados e começaram a funcionar e se a água passa por tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por intermédio da entrevista realizada no mês de setembro de 2017 com um funcionário da CAGECE, identificou-se que o açude Adauto Bezerra vem sendo utilizado desde 1985, e que secou há aproximadamente dois anos, por conta do longo período de estiagem em que se encontra a região. Com o esgotamento hídrico do açude, uma das soluções encontradas para mitigar o problema da escassez, foi à perfuração de poços na área do açude, que aconteceu assim que o mesmo secou. No ano de 2017 a área contava com a existência de oito poços. Na ocasião, foi relatado também que a água extraída passa por tratamento, e que a CAGECE é responsável pelo processo.

Diante disso, é possível inferir que água subterrânea constitui um importante recurso natural para o município de Pereiro, tendo em vista o cenário de escassez em que se encontra atualmente. Sendo utilizada em larga escala para o abastecimento doméstico, além de outras práticas voltadas ao desenvolvimento econômico local. Neste sentido, Han, Currell e Cao (2016) realçam que a proteção da sua qualidade é de extrema importância.

A Lei Federal nº 9.433/97 que Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, no seu artigo 9º, que fala do enquadramento dos corpos de água em classes, diz que a qualidade da água deve ser compatível ao uso a que está destinado (BRASIL, 1997). Logo, a Resolução nº 357/ 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), norteia essa delimitação, visto que, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (BRASIL, 2005).

De acordo com o levantamento de campo, foi possível verificar que o açude Adauto Bezerra conta com a ocorrência do cenário de vulnerabilidade hídrica com respeito a qualidade, ou seja, que possivelmente a água extraída pode não estar em conformidade com uso a que está sendo destinado, devido as condições de uso desta, associado com a presença de atividades e lançamentos de seus resíduos e efluentes na área, os quais passam a ser considerados potenciais poluentes/contaminantes para a recarga de tal reservatório, seja pelo escoamento direto no solo, ou pela lixiviação dos mesmos. Com isso, é possível inferir que as pressões sobre a água (superficial e subterrânea) não estão somente associadas ao fator quantidade. A contaminação também representa agente contribuinte na escassez desse recurso.

A oferta de água com qualidade para abastecimento público vem se tornando um grande desafio para a sociedade atual, tendo em vista que a poluição é fator adverso para o manejo sustentável dos recursos hídricos (GUO; WANG, 2009). De acordo com Derísio (2012), a deterioração da qualidade da água pode advir de muitas fontes, tais como: esgotos domésticos, drenagem de áreas agropastoris (que conta com fezes de animais, carreamento de fertilizantes e defensivos agrícolas), lançamento de despejos industriais, ou mesmo de forma natural, provocada por erosão, cadáveres de animais mortos, por folhas, escoamento superficial e etc. Além disso, é

possível citar a contaminação proveniente da percolação de efluentes e carreamento de resíduos de aterros sanitários e/ou vazadouros a céu aberto.

Esgotos domésticos lançados nos rios sem qualquer tratamento também geram contaminação. De acordo com Tundisi e Matsumura-Tundisi (2011), descargas de resíduos humanos e de animais em corpos hídricos, transportam uma grande variedade de patógenos que são danosos à saúde humana. O mesmo se aplica a disposição de resíduos sólidos em aterros controlados inadequados, tendo em vista que os resíduos sejam de animais domésticos, restos de comida ou até mesmo fraldas descartáveis, também contém uma carga patogênica associada.

Os estudos de Han, Currell e Cao (2016), apontaram que na China as principais fontes de contaminação da água superficial e subterrânea abrangem fertilizantes e defensivos agrícolas, fezes de animais, descarga de efluentes municipais e industriais. Essas fontes de contaminação, exceto as descargas de efluentes industriais, estão presentes no cenário de vulnerabilidade hídrica do Açude Adauto Bezerra (assim como dos poços escavados na área). É inegável que há lançamento de esgoto doméstico não tratado no seu interior e suas adjacências, bem como a presença de vazadouro a céu aberto que comporta os resíduos sólidos da cidade, também podendo representar fonte de contaminação. Tais atividades podem ser verificadas mediante os registros fotográficos (figuras 3 e 4, respectivamente).

Figura 3. Lançamento de esgoto doméstico não tratado no solo.



Fonte: Autores, 2017.

Figura 4. Lixão que comporta os resíduos sólidos da cidade.



Fonte: Autores, 2017.

A Resolução nº 430/2011 do CONAMA, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, no seu Art. 3º, diz que (BRASIL, 2011): Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis. Fica claro, que o devido cuidado com o lançamento de efluentes não está sendo tomado, de modo que, o bem-estar social e condições sanitárias de salubridade estão sendo comprometidas por isso. De acordo com o perfil de elevação (figura 5) é possível verificar que por conta da topografia, em períodos de chuva, os resíduos descartados aleatoriamente no entorno da área do açude podem ser carregados e dessa forma, o vazadouro representa uma fonte de contaminação desse recurso natural.

Figura 5. Perfil topográfico do vazadouro ativo e a área do açude Adauto Bezerra.



Fonte: Google Earth Pro, 2017.

Diante do cenário nacional de vulnerabilidade ambiental, foi criada a Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Nesse documento, o Artigo 54 determina que haja a disposição final adequada dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010). O Projeto de Lei nº 2.289, de 2015 apresentou prazos para o encerramento dos vazadouros que variam de acordo com número de habitantes dos municípios, podendo ser de 2018 a 2021 (BRASIL, 2015).

Logo, o município de Pereiro/CE, por apresentar uma população inferior a 50.000 habitantes, tem o prazo de até 31 de julho de 2021 para promover a disposição final ambientalmente adequada de seus resíduos sólidos. Apesar disso, diante da vulnerabilidade ambiental proporcionada pelo uso dos lixões, faz-se necessário que esse cenário passe por mudanças emergenciais, de modo a promover o gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de maneira segura, garantindo a conservação do solo, água e ar.

A agricultura também contribui para a deterioração hídrica com o aumento na concentração de contaminantes e nutrientes (carreamento de fertilizantes e/ou defensivos agrícolas, fezes de animais e etc.). De acordo com Garcez e Garcez (2012), os agrotóxicos utilizados nas práticas agrícolas, contaminam o solo e dessa forma se infiltram no lençol freático e podem entrar em contato com rios próximos. Esse tipo de contaminação impossibilita o uso para abastecimento doméstico e o consumo de animais que fazem uso dessa água. De acordo com a pesquisa de campo, foi possível verificar que essas fontes também estão presentes (Figuras 6 e 7). Cargas pontuais são lançadas de maneira individual nos corpos hídricos e, portanto, são mais fáceis de serem identificadas e por isso o seu controle pode ser mais eficiente, como é o caso, por exemplo, do despejo de efluentes industriais. Por outro lado, cargas difusas (ou não pontuais) não são fáceis de serem identificadas e controladas por não apresentarem um ponto específico de

lançamento, como por exemplo, substâncias tóxicas provenientes de atividades agrícolas (OLIVEIRA, 2016).

Figura 6. Presença de fezes de animais no entorno da área do açude.



Figura 7. Plantações (que podem estar utilizando fertilizantes e/ou defensivos agrícolas) nas proximidades de um poço Amazonas.



Fonte: Os autores, 2017.

Diante de tudo que foi discutido, é possível inferir que a água é um recurso natural fundamental para sustentar a vida, bem como o crescimento econômico. Apesar disso, as mudanças ambientais e climáticas ocorridas em todo o planeta estão causando chuvas irregulares, aumento de ocorrência de enchentes, secas e escassez de água (em quantidade e/ou qualidade). Isto posto, estratégias voltadas para a remediação e mitigação devem ser empregadas visando a proteção deste recurso tão valioso (ANAWAR, 2013). Entretanto, mais importante que remediar e mitigar é prevenir. Neste sentido, é necessário que haja o reconhecimento das possíveis fontes de contaminação, afim de evitar o contato e reduzir o risco da materialização dos impactos ambientais (BELAYUTHAM; GONZÁLEZ; YIU, 2016).

CONCLUSÕES

Tendo em vista os aspectos observados, faz-se necessário que a conservação da água superficial e subterrânea seja uma prática permanente para que não haja escassez, tanto relacionada à quantidade como também a qualidade. Nesse processo de conservação, a sensibilização dos governantes assim como, da sociedade civil com relação aos aspectos ambientais e sanitários são primordiais.

A mudança de postura com relação ao problema da água pode partir de medidas pontuais como a utilização de tecnologias economizadoras ou mesmo de reuso de água tratada em residências até chegar a medidas que envolvam a comunidade de maneira geral, como por exemplo, a destinação adequada dos resíduos sólidos, a proibição da criação de animais na proximidade do açude, a retirada do esgoto e seu adequado tratamento, de modo a reintegrá-lo na água de forma segura. E com isso tornar possível a redução do desperdício, bem como a contaminação.

Desta forma revertendo o cenário das ações de potencial contaminação das águas superficiais e subterrâneas, sendo necessário a intervenção do poder público para coibir tal cenário, tal como promover o gerenciamento dos recursos hídricos e do saneamento, frente a descentralização do poder de polícia local.

REFERÊNCIAS

- ANAWAR, H. M. D. Impact of climate change on acid mine drainage generation and contaminant transport in water ecosystems of semi-arid and arid mining areas. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/b/c**, [s.l.], v. 58-60, p.13-21, 2013.
- ANDRADE, S. O.; CRISPIM, D. L.; SOUSA, M. A.; CHAVES, A. D. C. G.; MARACAJÁ, P. B. Análise espacial da qualidade microbiológica das águas do rio Piancó no trecho Coremas-Pombal-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.157-161, 30 ago. 2015.
- ANDREAZZI, M. A. R.; BARCELLOS, C.; HACON, S. Velhos indicadores para novos problemas: a relação entre saneamento e saúde. **Revista Panamericana de Salud Publica**, [s.l.], v. 22, n. 3, p.211-217, 2007.
- ASSIS, D. R. S.; SILVA, E. R. A.C.; MELO, J. G. S. **Urbanização, resíduos sólidos e vegetação através do NDVI; estudo de caso da lagoa olho d'água, Jaboatão dos Guararapes - PE**. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, cap. 3, p. 290-300, 2018.
- BELAYUTHAM, S.; GONZÁLEZ, V. A.; YIU, T. W. The dynamics of proximal and distal factors in construction site water pollution. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 113, p.54-65, fev. 2016.
- BITTENCOURT, V.; PEREIRA, D. E. S. A evolução legislativa brasileira frente à problemática da água. **Revista Brasileira de Direito**, [s.l.], v. 10, n. 1, p.95-105, 30 jun. 2014.
- BRAGA, B.; HESPAÑHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de março de 2005.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 356, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 de maio de 2011.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art.1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 de janeiro de 1997.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010.
- BRASIL Projeto de Lei nº 2.289, de 2015. **Prorroga o prazo para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos de que trata o art. 54 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Altera a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2015.
- CARVALHO, M. E. S. Vulnerabilidade hídrica na bacia sergipana do Rio Vaza Barris. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [s.l.], v. 25, p.186-217, 6 jul. 2012.
- CAVALCANTE, R. B. L. Ocorrência de Escherichia coli em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.550-558, 1 set. 2014.
- CRISPIM, D. L.; RODRIGUES, R. S. S.; VIEIRA, A. S. A.; SILVEIRA, R. N. P. O.; FERNANDES, L. L. Especialização da cobertura do serviço de saneamento básico e do índice de desenvolvimento humano

dos municípios do Marajó, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 4, p.112-122, out./dez. 2016.

DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

FEITOSA, F. A. C. (Org.). **Programa de recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no estado do Ceará**: diagnóstico do município de Pereiro. Fortaleza: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 1998. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16708/Rel_Pereiro.pdf?sequence=1>. Acesso em: 29 abr. 2018.

GARCEZ, L.; GARCEZ, C. **Água**. 2. ed. São Paulo: Callis, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOIS, L. H. B.; NOGUEIRA, A. C.; MORAES, L. R. S. Água para consumo humano: uma visão sobre os riscos e vulnerabilidades de sua utilização. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.251-266, 13 nov. 2013.

GRIGOLETTO, J. C.; CABRAL, A. R.; BONFIM, C. V.; ROHLFS, D. B.; SILVA, E. L.; QUEIROZ, F. B.; FRANCISCHETTI, J.; DANIEL, M. H. B.; RESENDE, R. M. S.; ANDRADE, R. C.; MAGALHÃES, T. B. Gestão das ações do setor saúde em situações de seca e estiagem. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 21, n. 3, p.709-718, mar. 2016.

GUO, Q.; WANG, Y. Trace Element Hydrochemistry Indicating Water Contamination in and Around the Yangbajing Geothermal Field, Tibet, China. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, [s.l.], v. 83, n. 4, p.608-613, 7 jul. 2009.

HAN, D.; CURRELL, M. J.; CAO, G. Deep challenges for China's war on water pollution. **Environmental Pollution**, [s.l.], v. 218, p.1222-1233, nov. 2016.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2010. **Pereiro, Ceará**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=231080&search=ceara|pereiro|infograficos:-informacoes-completas>. Acesso em: 28 dez. 2017.

IPECE. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. 2017. **Perfil Municipal 2017 Pereiro**. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2017/Pereiro.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2018.

LINS, E. A. M.; LINS, C. M. M. S.; SANTOS FILHO, A. G. N. **Contaminação de lençol freático por lixiviado de aterros de resíduos urbanos**. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, cap. 7, p. 507-520, 2018.

MELO, J. M. M. D. O.; ALENCAR, S. K. P. **Quali-quantificação de resíduos sólidos em pontos transitórios, em Juazeiro do Norte – CE**. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, cap. 3, p. 199-213, 2018.

OLIVEIRA, D. B. (Org.). **Hidrologia**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

PEIXOTO, F. L. A. **Pereiro, retratos de uma história**. Fortaleza: Verdes Mares, 2013.

PIPE, J. **Energia hidráulica**. São Paulo: Callis, 2015. 32 p.

SANTOS, J. P. O.; SILVA, E. V. L.; SOUZA, A. L.; EL-DEIR, S. G. **Economia circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos**. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, cap. 1, p. 08-17, 2018.

SCHISTEK, H. **O Semiárido Brasileiro**: uma região mal compreendida. In: CONTI, I. L.; SCHROEDER, E. O. (Orgs.). **Convivência com o semiárido brasileiro**: autonomia e protagonismo social. Brasília: IABS, cap. 2, p. 31-44, 2013.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Atlas Eletrônico dos Recursos Hídricos do Ceará**. Disponível em: <http://atlas.srh.ce.gov.br/infra-estrutura/acudes/detalhaCaracteristicasTecnicas.php?cd_acude=81&>. Acesso em: 28 dez. 2017.

SILVA, S. N.; LOPES, F. G.; ANDRADE, F. E.; FERREIRA, C. B.; DANTAS, M. C. A. M.; SIQUEIRA, E. C. Efeitos da escassez hídrica na economia do perímetro irrigado de São Gonçalo, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s.l.], v. 12, n. 1, p.132-137, 26 mar. 2017.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VASQUEZ, B. A. F.; WINCK, B. R.; OKAWA, C. M. P.; POLETO, C.; SEREIA, D. A. O.; MERCANTE, E.; PERIOTTO, F.; FAURO, J. C. S.; REIS, J. A. T.; ANDRADE, L. N.; BOAS, M. A. V.; COSTANZI, R. N.; CIELO FILHO, R.; WRUBLACK, S. C.; MORETTO, Y. **Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2014.

VENTURI, L. A. B. Recurso natural: a construção de um conceito. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, [s.l.], n. 20, p.09-17, 30 abr. 2006.

VIEIRA, J. M P. Plano de segurança da água em mananciais de abastecimento de água para consumo humano. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.87-97, 27 mar. 2013.

VITÓ, C. V. G.; SILVA, L. J. B. F.; OLIVEIRA, K. M. L.; GOMES, A. T.; NUNES, C. R. O. Avaliação da qualidade da água: determinação dos possíveis contaminantes da água de poços artesianos na região noroeste fluminense. **Acta Biomédica Brasiliensia**, [s.l.], v. 7, n. 2, p.59-75, 23 dez. 2016.

VRBA, J. The role of groundwater governance in emergencies during different phases of natural disasters. **Hydrogeology Journal**, [s.l.], v. 24, n. 2, p.287-302, 22 jan. 2016.

1.9. POLUIÇÃO NO CÓRREGO DO BAIRRO ALDEIA EM CHAPADINHA – MA

MARTINS FILHO, José Bonifácio
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
boni.martins@outlook.com

PASSOS, Mádilo Lages Vieira
UFMA
madilolages@hotmail.com

PIRES, Isabela Cristina Gomes
Universidade de São Paulo (USP)
icgpires@yahoo.com.br

ROCHA, Karlyene Sousa da
UFMA
karlyene_sousa@yahoo.com.br

RESUMO

O objetivo deste estudo foi caracterizar a área do córrego do bairro Aldeia no município de Chapadinha-MA, identificando as principais fontes de poluição ao corpo hídrico. Para o desenvolvimento deste trabalho, realizou-se entrevista com moradores do bairro, identificação das nascentes e levantamento dos resíduos sólidos descartados nas margens do córrego. Constatou-se que 100% dos moradores entrevistados possuem apenas fossas convencionas para a deposição de esgoto doméstico, que necessitam ser esvaziada com regularidade por empresa autorizada por órgão ambiental competente. As nascentes não se encontram em um patamar aceitável de preservação em termos de legislação, pois, o uso atual da água das nascentes é para fins de balneabilidade. O uso recreativo das águas da área já era comum a mais de 5 anos. As margens do córrego do bairro Aldeia estão contaminadas, principalmente, por embalagens plásticas, papelão e panos. A falta de planejamento na ocupação da área urbana de Chapadinha somando-se a ausência de serviço de esgotamento sanitário, educação ambiental e vigilância ambiental constituem problemas significativos na preservação do córrego do bairro Aldeia.

PALAVRAS-CHAVE: Área de preservação permanente, Recursos hídricos, Resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

A água é o bem de uso comum mais importante e indispensável para o desenvolvimento da humanidade. No Brasil, a água além de ser utilizada, primordialmente, para demandas cotidianas da população, possui participação fundamental na matriz energético do país (ANA, 2012). O Brasil é também privilegiado por possuir uma ampla base de recursos renováveis e não renováveis, com destaque para a disponibilidade hídrica e biodiversidade, o que tem diferenciado num contexto de economia globalizada (MMA, 2008).

Os corpos hídricos são recursos naturais protegidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2012). Porém, a maneira como ocorre a ocupação urbana, tem acarretado em inúmeros problemas de ordem ambiental, dessa forma, proporcionando desequilíbrios que podem contaminar os recursos hídricos, em alguns casos, já a partir das nascentes (BELIZÁRIO, 2015).

O município de Chapadinha, localizado no interior do Estado do Maranhão, é uma das cidades percorrida pelo Rio Munim, o qual possui uma bacia hidrográfica de área de 15.918,04 km², o que corresponde a 4,79% da área do Estado (NUGEO, 2018), a hidrografia municipal é vasta, e dentro do perímetro urbano do município é possível encontrar nascentes desprotegidas.

No que diz respeito a saneamento básico, o município não possui um sistema de tratamento para os seus esgotos domésticos provenientes da zona urbana ou rural. Deste modo, Chapadinha apresenta graves problemas com relação ao esgoto doméstico, existindo muitas ligações clandestinas de sumidouros diretamente na rede de drenagem da área urbana, sendo elevado o número de residências com lançamento direto na rede pluvial, na rua e ainda diretamente no terreno, evidenciando a fragilidade do sistema de saúde pública frente à precariedade do sistema de esgotamento sanitário (CHAPADINHA, 2014).

Nesse sentido, o intuito deste trabalho foi caracterizar a área do córrego do bairro Aldeia no município de Chapadinha, identificando as principais fontes de poluição ao corpo hídrico.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A expansão urbana desordenada decorre em parte da falta de planejamento urbano-ambiental que busque nortear o processo de uso e ocupação do solo de maneira articulada entre a sociedade e o meio ambiente (ALBUQUERQUE et al., 2014). O desenvolvimento econômico e a complexidade da organização das sociedades humanas produziram e produzem inúmeras alterações na qualidade da água (TUNDISI, 2006). Nesse sentido, compreender a relação homem-natureza é a base para o enfrentamento dos problemas ambientais e uma possível crise dos recursos naturais disponíveis, dentre eles a água (BOVOLATO, 2016).

A incompatibilidade entre a necessidade da manutenção do meio ambiente equilibrado e a exploração da natureza pelo homem nem sempre se mostrou uma preocupação habitual, entretanto, a escassez de recursos e problemas ambientais tornaram a temática mais relevante e preocupante ao longo dos anos (ZANATTA, 2017).

A poluição das águas fluviais é identificada, principalmente, nas cidades onde estão localizados os grandes centros industriais, porém a degradação de cursos d'água também é verificada nas localidades menos industrializadas (SOUZA; SANTOS, 2006). Esta, pode aparecer de vários modos incluindo a poluição térmica (descarga de efluentes as altas temperaturas), poluição física (descarga de material em suspensão), poluição biológica (descarga de bactérias patogênicas e vírus), e poluição química (que pode ocorrer por deficiência de oxigênio, toxidez e também eutrofização) (BORTOLUZZI, 2011).

O lançamento de esgotos domésticos, sem tratamento, nos cursos d'água é uma das principais fontes de poluição da água nas áreas urbanas (SOUZA, 2014). As águas que compõe o esgoto doméstico compreendem as águas utilizadas para higiene pessoal, cocção e lavagem de alimentos e utensílios, além da água usada em vasos sanitários (PEREIRA, 2004). Estes efluentes domésticos são constituídos, essencialmente, por matéria orgânica biodegradável, microrganismos (bactérias, vírus, etc.), nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais (BENETTI; BIDONE, 1995).

A maioria dos municípios brasileiros não possui tratamento dos seus esgotos domésticos (ALBERTO, 2012). De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o Brasil, apenas 50% da população tem acesso a coleta de esgoto e apenas 43% deste é tratado. Os impactos decorrentes da falta de saneamento básico são assuntos recorrentes na literatura, Andrade e Felchak (2009) constataram, no Rio das Antas na cidade de Iratí-PR, o grau de degradação do corpo hídrico, marcado pela influência urbana que resultou em ausência de mata ciliar, resíduos sólidos nas margens, assoreamento e eutrofização das águas.

Para Vaz (2009), os locais mais carentes em saneamento básico são aqueles que abrigam em sua maioria famílias pobres e com baixa escolaridade. De acordo com Souza (2014), nestes locais, que em geral são mais afastados do centro urbano, é visto o lançamento de esgoto doméstico nos cursos d'água com grande frequência. Contudo, essas áreas estão sendo degradadas tanto por atos dos seus habitantes como também por falta, na maioria das vezes, de investimentos públicos em saneamento básico.

METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um estudo descritivo-exploratório que foi conduzido no município de Chapadinha localizado no estado do Maranhão, situado nas seguintes coordenadas 03° 44' 31" S 43° 21' 36" O. O município possui uma área 3.247,385 km², e cerca de 73.350 habitantes (IBGE, 2010). A precipitação pluvial média do município é de 1.835 mm, o período de chuva compreende os meses de janeiro a junho e período seco entre os meses de julho a dezembro, de acordo com a classificação de Köppen o clima de Chapadinha é do tipo tropical úmido (Aw) com temperatura média anual acima de 27 °C (PASSOS et al., 2016)

Este trabalho foi desenvolvido nos meses de novembro e dezembro de 2017, com as seguintes atividades: entrevistas aos moradores do bairro Aldeia, identificação das nascentes e levantamento dos resíduos sólidos descartados nas margens do córrego. Realizou-se registro fotográfico da área.

Quanto ao questionário foi constituído de 7 perguntas, sendo todas objetivas, foram entrevistados 15 moradores do bairro com residência próxima ao córrego. As informações e respostas foram agrupadas e compiladas em Excel® software e interpretadas por estatística descritiva, a qual permitiu a análise do conjunto de dados obtidos bem como a representação gráfica dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Percepção dos moradores

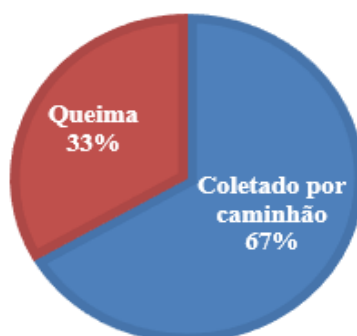
Os problemas encontrados *in loco* estão, intimamente, ligados a deficiência do sistema de saneamento básico do município. Pois, entende-se que o saneamento básico abrange quatro serviços: i) abastecimento de água potável; ii) esgotamento sanitário; iii) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e iv) drenagem e manejo das águas pluviais (BRASIL, 2007).

Chapadinha possui Estação de Tratamento de Água (ETA), porém, não possui sistema de tratamento de esgoto, e aterro sanitário (CHAPADINHA, 2015). Constatou-se que 100% dos moradores entrevistados do bairro possuem apenas fossas convencionas (constituídas de uma

única câmara feita em alvenaria) para a deposição de esgoto doméstico, que necessitam ser esvaziadas com regularidade. No que tange ao acesso a água tratada, 60% são abastecidos pela companhia de abastecimento do município e 40% através de poços artesianos.

Entre os moradores entrevistados, 34% possuem residência próximo ao córrego (entre 20 a 150 metros de distância) há mais de 10 anos, 60% há mais de um ano e 6% a menos de um ano. No que diz respeito à coleta de resíduos sólidos, 100% afirmaram não realizar coleta seletiva, 67% são atendidos duas vezes por semana com a coleta periódica de RSU pelo serviço de limpeza pública, sendo que 33% alegam que não são contemplados com o serviço na sua rua, e, destinam os resíduos de forma inadequada, queimando-os a céu aberto, o que é considerado crime ambiental (BRASIL, 1997) (Figura 1).

Figura 1. Destino dos RSU do bairro Aldeia.



Fonte: Dados dos autores.

A destinação final dos RSU recolhidos pelo serviço de limpeza pública é a disposição no lixão do município, logo é possível inferir que o modelo de gestão de resíduos em âmbito municipal não prioriza a reciclagem e reaproveitamento dos materiais. O mesmo é observado em Recife-PE, onde logo após a coleta pelo sistema de coleta convencional, todos os RSU, são dispostos em aterro sanitário como se fossem rejeitos, ou seja, sem a valorização dos processos de reciclagem e reaproveitamento (SILVA, 2017).

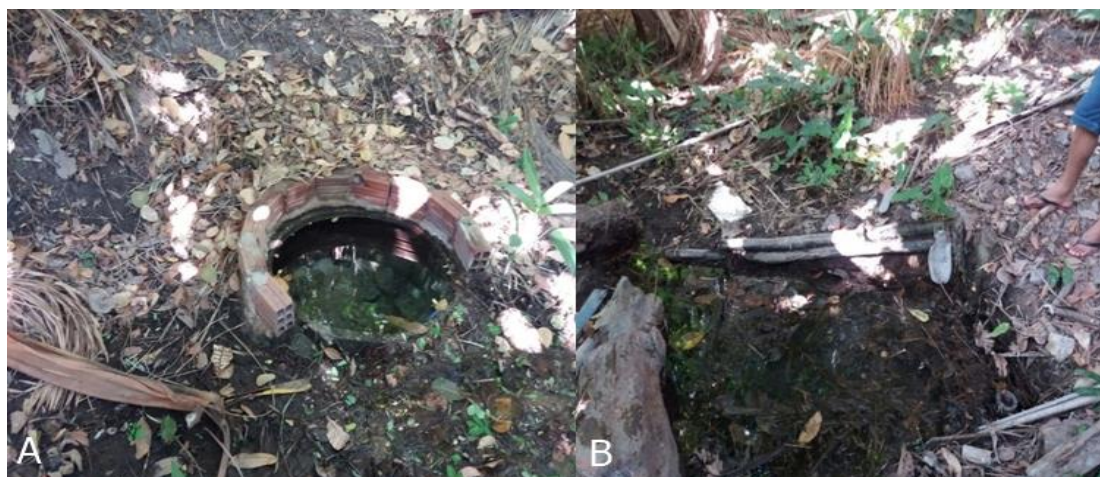
O modelo de gerenciamento de RSU de Chapadinha não difere de outros municípios no Brasil, nos quais os processos desde a geração ao destino final ocorrem de maneira incorreta frente à legislação ambiental (ANDRADE; ALCÂNTARA, 2016). A coleta seletiva é uma das ações crucias para reverter essa tendência inadequada da destinação dos RSU, pois ela possui uma função estratégica na cadeia da reciclagem, uma vez que sistematicamente possibilita a reciclagem, reaproveitamento e destinação dos materiais, beneficiando também o trabalho de catadores, no entanto, ela enfrenta o grande desafio de ser amplamente divulgada e praticada pela população brasileira (MARQUES et al., 2017).

A partir do levantamento destes fatores foi possível diagnosticar de maneira pontual a situação de fragilidade, a qual se encontra o córrego do bairro Aldeia bem como as suas nascentes. E sob uma ótica socioambiental, os problemas apresentados nesse estudo revelam como se dá a relação entre crescimento econômico e consumo com a qualidade de vida e bem-estar dos indivíduos (LEANDRO et al., 2015), pois, Chapadinha embora seja um município relativamente novo, ao longo de seus 80 anos, apresentou um rápido crescimento demográfico (IBGE, 2010).

Nascentes do córrego

As nascentes são, conceitualmente, diante de uma perspectiva jurídica, o afloramento natural do lençol freático que possui caráter de perenidade e resulta no começo de um curso d'água (BRASIL, 2012). Foram identificadas duas nascentes no bairro Aldeia (Figura 2), elas estão situadas nas seguintes coordenadas, nascente A: 682242.49 E 9585565.65 S, nascente B: 682245.27 E 9585555.52 S.

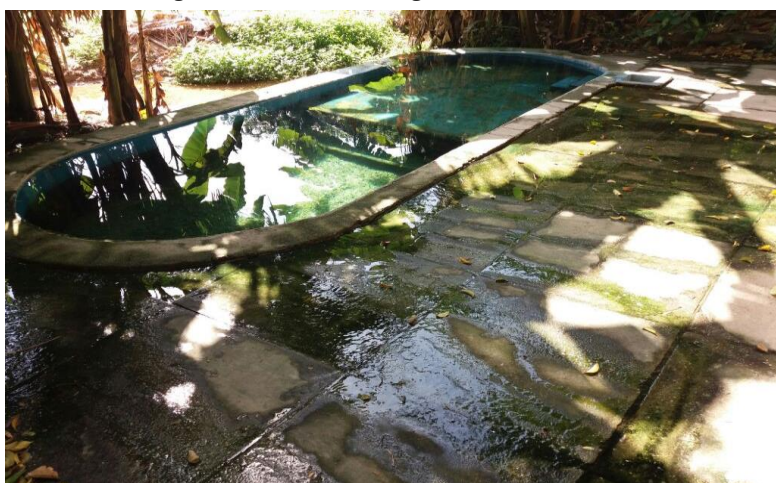
Figura 2. Nascentes A e B do córrego do bairro Aldeia.



Fonte: Dados dos autores.

As classes de enquadramentos para corpos hídricos no que tange a água doce consideram uma série de usos, dos mais exigentes aos menos exigentes, são eles: preservação dos ambientes aquáticos, abastecimento para consumo humano, recreação, dessedentação de animais, pesca, irrigação, navegação e harmonia paisagística (ANA, 2007). Nesse sentido, constatou-se que o uso atual da água das nascentes existentes é para fins de balneabilidade. O uso recreativo das águas da área já era comum há mais de 5 anos (Figura 3).

Figura 3. Piscina na margem da nascente.



Fonte: Dados dos autores.

No entanto, as condições precárias de esgotamento sanitário do município, expressadas pelo uso das fossas convencionais pelos moradores do bairro Aldeia, podem afetar diretamente a qualidade da água (TISCHER, 2017), e consequentemente, depõe contra a reputação do balneário do bairro.

Os moradores afirmam que preservam as nascentes, pondo avisos e placas próximo ao balneário para que ninguém descarte material no ambiente. Porém, essa proteção não se encontra em um patamar aceitável em termos de legislação e preservação propriamente dita, já que o Código Florestal brasileiro determina que áreas no entorno das nascentes em qualquer situação topográfica, em zonas rurais ou urbanas, no raio mínimo de cinquenta metros são Áreas de Preservação Permanente (APP) e, portanto, devem ser preservadas e mantida a vegetação nativa no leito do corpo d'água (BRASIL, 2012), portanto, a construção da piscina não está em consonância com a legislação ambiental brasileira.

Tendo em vista que o meio ambiente está constantemente sendo modificado pela ação antrópica, a conservação dos recursos hídricos deve ser condicionada a um planejamento ambiental amparado pela legislação ambiental vigente (DALMOLIM; HENKES, 2015) para que sejam evitadas situações como as encontradas na área urbana de Chapadinha. Para Araújo (2002) na prática essas e outras APP's vem sendo simplesmente ignoradas em grande parte dos centros urbanos, essa tendência revela a realidade da relação entre o desenvolvimento social e o meio ambiente.

Conforme a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a água é um bem de domínio público, dotado de valor econômico e trata-se de um recurso natural limitado, semelhantemente, a gestão de RSU, a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada, portanto, a preservação de corpos hídricos é de responsabilidade conjunta dos usuários, poder público e das comunidades em geral (BRASIL, 1997).

Resíduos sólidos

A partir da compreensão da composição gravimétrica ou composição em peso dos resíduos sólidos urbanos de Chapadinha, é possível constatar que a maior parte do total de resíduos gerados pela população do município é plástico (39%) e papel (23%) (CHAPADINHA, 2015). O que difere da estimativa da composição gravimétrica dos RSU coletados no município de Florianópolis, na qual os resíduos orgânicos correspondem a maior porcentagem de RSU (46%) (DOMINGOS; BOEIRA, 2015). Ao longo do córrego do bairro Aldeia, suas margens estão contaminadas, principalmente, por embalagens plásticas, papelão e tecidos (Figura 4). E em alguns pontos há presença de borrachas e garrafas PET. De fato, Oliveira et al. (2012), afirmam que uma boa parte dos resíduos urbanos é formada por materiais como papelão, plástico, vidro, alumínio entre outros.

Figura 4. Resíduos sólidos nas margens do córrego do Bairro Aldeia.



Fonte: Dados dos autores.

Os resíduos sólidos podem ser classificados em dois grandes grupos: perigosos e não perigosos (ABNT, 2004), embora os plásticos, borracha, papel e papelão estejam classificados como resíduos não perigosos, estes resíduos podem causar danos ao meio ambiente, que além de levarem bastante tempo para se decomporem (MMA, 2018) em Chapadinha, a destinação não está de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Abaixo está relacionado o tempo de decomposição dos materiais que compõem os resíduos sólidos urbanos de Chapadinha (Quadro 1).

Quadro1. Tempo de decomposição de materiais.

Materiais	Tempo de decomposição
Vidro	Mais de 1.000 anos
Metal	Mais de 100 anos
Papel	De 3 a 6 meses
Alumínio	Mais de 200 anos
Tecidos ou material têxtil	De 6 meses a 1 ano
Plástico	Mais de 400 anos

Fonte: adaptado do MMA (2018).

As embalagens plásticas, apesar de demorarem para se decompor, quando se decompõem, transformam-se em petro-polímeros, que são substâncias altamente tóxicas, contaminando as águas e o solo (LORENZETT et al., 2013). Países como Tanzânia, Bangladesh, China, Israel, Canadá, Índia, Quênia, Irlanda, África do Sul, Uganda, Butão, Taiwan, Maharashtra, Botswana, Singapura, Ruanda e Eritreia, já proibiram o uso de sacolas plásticas (PÓVOA NETO et al., 2011).

A poluição das margens de cursos d'água também foi mencionada por Pereira e Costa (2017) que reportam a problemática na cidade de Manaus-AM, na qual nem todos os RSU são coletados, o que acarreta no descarte de resíduos próximo aos igarapés que cortam a cidade. O lançamento de esgotos e acúmulo de lixo em margens de rios influenciam negativamente no desenvolvimento da mata ciliar local o que contribui ainda mais na degradação de corpos hídricos (LINS, 2017).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece diretrizes que indiretamente visam à preservação do meio ambiente, nesse sentido, ela compartilha a responsabilidade da gestão dos RSU entre sociedade e poder público. Logo, a sociedade brasileira é responsável por todos RSU que produz, portanto, entende-se que a PNRS é uma lei que exige uma mudança de postura da população e seus padrões de consumo bem como o cumprimento dos deveres do poder público para o fornecimento de serviços de saneamento básico, educação e fiscalização ambiental (BRASIL, 2010).

CONCLUSÕES

A falta de planejamento na ocupação da área urbana de Chapadinha somando-se a ausência de serviço de esgotamento sanitário, educação ambiental e vigilância ambiental, constituem problemas significativos na preservação do córrego do bairro Aldeia. Esse quadro negativo de indiferença em relação ao meio ambiente revelam a urgente necessidade da implantação de programas de recuperação e preservação por parte do poder público e da população local.

Diante do atual contexto de degradação do corpo hídrico do bairro Aldeia em Chapadinha, sugerem-se estudos voltados para o monitoramento de vazão dos afloramentos e caracterização físico-química da água do córrego do bairro, com a finalidade de obter informações que contribuam para a elaboração de um planejamento ambiental com ações para recuperação e preservação das nascentes no município.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma Brasileira 8419: 1992 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, p.7, 1992.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma Brasileira 10004: 2004 – Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, p.77, 2004.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, p.124, 2007.

ANDRADE, A. T. S.; ALCÂNTARA, R. L. Resíduos sólidos urbanos e impactos socioambientais no bairro “Lagoa do Ferreiro”, Assu/RN. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 16-31, 2016.

ANNT-Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004**. Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Disponível em: <<http://www.sbpcc.org.br/upload/conteudo/320110405154556.pdf>>. Acesso em 02 fev. 2018

ALBERTO, A. RIBEIRO-FILHO, B. G. Influência do despejo de esgoto doméstico nas características limnológicas do rio Camandocaia, bacia hidrográfica do rio Piracicaba, Estado de São Paulo. **Maringá**, v. 34, n. 2, p. 173-179, 2012.

ALBUQUERQUE, E. L. S.; GOMES, D. D. M.; MEDEIROS, C. N.; SOUZA, M. J. N. Expansão urbana (des) ordenada e seus embates socioambientais: o caso do município de Horizonte, Estado do Ceará. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 803-815, 2014.

AMARAL, L. A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; NADER FILHO, A.; SOUZA, M. C. I.; ISA, H. Água utilizada em suinocultura como fator de risco à saúde humana e animal. **Ars Veterinária**, v.21, n.1, p.41-46, 2005.

ANDRADE, A. R.; FELCHAK, I. M. A poluição urbana e o impacto na qualidade da água do rio das Antas - Irati/PR. **Geoambiente Online**, v. 12, p. 108-132, 2009.

ARAÚJO, S. S.; MARA, M. V.; GUIMARAES, V. **As áreas de preservação permanente e a questão urbana: estudo**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, 2002. Disponível em: <http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/160812_livro_mudancas_codigo_florestal_brasileiro_cap4.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2018.

BACCI, D. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.211-226, 2008.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. IN: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH, p. 669, 1995.

BELIZÁRIO, W. S. Avaliação da qualidade ambiental de nascentes em áreas urbanas: um estudo sobre bacias hidrográficas do município de Aparecida de Goiânia/GO. **Revista Mirante**, Anápolis, v. 8, p. 122-148, 2015.

BRASIL. **PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. Brasília, p.106, 2012.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <<http://www.comiteguandu.org.br/legislacoes/Leis/lei-estadual-9433.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 11 jan. 2018.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 11 jan. 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.651, DE 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 26 jan. 2018.

BOVOLATO, L. E. **Saneamento básico e saúde**. Vida pastoral, São Paulo, p.1-64, 2016.

BOTOLUZZI, O. R. S. **A POLUIÇÃO DOS SUBSOLOS E ÁGUAS PELOS RESÍDUOS DE ÓLEO DE COZINHA**. 2011. 36 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Goiás, Formosa, 2011.

CHAPADINHA. **Plano municipal de saneamento básico de Chapadinha: plano de trabalho do PMSB / Secretaria Municipal de Saúde**. – Chapadinha: Prefeitura Municipal de Chapadinha, 2014.

- DALMOLIM, D.; HENKES, J. A. A degradação nas margens de arroios no município de Ipiranga, **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 3, n. 2, p.363-383, 2015.
- DOMINGOS, D. C.; BOEIRA, S. L. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos domiciliares: análise do atual cenário no município de Florianópolis. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 4, n. 3, p.14-30, 2015.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=210320>>. Acesso em: 11/01/2018.
- IPEA-Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**, 2012. Disponível: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solido_s_urbanos.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2018.
- LEANDRO, L. A.; GOMES, C. M.; CASTRO, K. N. V.; CASTRO, E.M. N.V. O futuro da gestão socioambiental: uma análise crítica sobre a crise ambiental brasileira. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 4, n. 2, p.144-162, 2015
- LINS, E. A. M.; SILVA, J. I. S.; ANDRADE, L. A.; LINS, C. M. M. Os resíduos sólidos e seus impactos ambientais negativos sobre o rio Capibaribe – estudo de caso. In: **EPERSOL**, 5, 2017, Recife-PE. V Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos e do III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos. Recife: EDUFRPE, P. 1074-1085, 2017..
- LORENZETT, J. B.; RIZZATTI, C. B.; LORENZETT, D. B.; GODOY, L. P. SACOLAS PLÁSTICAS: UMA QUESTÃO DE MUDANÇA DE HÁBITOS. **Monografias Ambientais**, v.11, n. 11, p.2446 – 2454, 2013.
- MARQUES, E. A. F.; VASCONCELOS, M. C. R. L.; GUIMARÃES, E. H. R.; BARBOSA, F. H. F. Gestão da coleta seletiva de resíduos sólidos no campus Pampulha da UFMG: desafios e impactos sociais. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 131-149, 2017.
- MMA- Ministério do Meio Ambiente. **Lixo, um grave problema no mundo moderno**, 2018. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/8%20-%20mcs_lixo.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2018.
- MMA- Ministério do Meio Ambiente. **Programas de Desenvolvimento da Gestão Integrada de Recursos Hídricos no Brasil**, 2008. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao13032009033141.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2018.
- NUGEO - Núcleo Geoambiental. **Regiões Hidrográficas do Maranhão**, 2018. Disponível em: <http://www.nugeo.uema.br/?page_id=233>. Acesso em: 12 jan. 2018.
- OLIVEIRA, L. L.; LACERDA, C. S.; ALVES, I. J. B. R.; SANTOS, E. D.; OLIVEIRA, S. A.; BATISTA, T. S. A. Impactos Ambientais causados pelas sacolas plásticas: o caso Campina Grande – PB. **BIOFAR**, Campina Grande, v. 7, n.1, p.88-104, 2012.
- PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço Hídrico e Classificação Climática para uma Determinada Região de Chapadinha-Ma. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.10, n.4, p.758-766, 2016.
- PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, v.1, n.1, p.20-36, 2004.
- PEREIRA, U. A.; COSTA, R. C. Resíduos sólidos urbanos na cidade de Manaus-AM. In: **EPERSOL**, 5, 2017, Recife-PE. V Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos e do III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos. Recife: EDUFRPE, p. 994-1003, 2017.
- PÓVOA NETO, H. H.; RANGEL, S. A.; CORREA SOBRINHA, M. A.; DELATORRE, A. B.; AGUIAR, C. J.; RODRIGUES, P. M. SACOLAS PLÁSTICAS: CONSUMO INCONSCIENTE. **Perspectivas Online: Biológicas e Saúde**, v.1, n.3, p.50-70, 2011.
- SILVA, R. C. P.; BEZERRA, R. P. L.; EL-DEIR, S. G.; JUCÁ, J. F. T. Avaliação do modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife, Pernambuco. In: **EPERSOL**, 5, 2017, Recife-PE. V

Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos e do III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos. Recife: EDUFRPE, p. 249-259, 2017.

SOUSA, D. V.; SANTOS, L. C. A. dos. **Avaliação Geoambiental de Imperatriz-MA: O caso do riacho do meio.** In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia: UFGO/CD-Rom, v. 1. p.1-8, 2006..

SOUZA, M.F.M. **O SANEAMENTO BÁSICO E SUAS IMPLICAÇÕES NO MEIO AMBIENTE E NA SAÚDE HUMANA.** 2014. 41 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios), Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Medianeira, 2014.

TISCHER, V. Magnitude do impacto do esgotamento sanitário no Brasil. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p.358-379, 2017.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, São Paulo, v.1, n.70, p.24-35, 2006.

VAZ, A. J. **A Importância da Rede Coletora de Esgoto na Promoção da Qualidade SócioAmbiental.** In: 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevideo. EGAL, 2009.

ZANATTA, P. Gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável.**R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p.296 - 312, 2017.

Capítulo 2.Inovações

2.1. USO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DE ANCHOVA (*Pomatomus saltatrix*) E ROBALO-FLECHA (*Centropomus undecimalis*) PARA RECUPERAÇÃO DE PROTEASES ALCALINAS

SILVA, Jéssica Costa

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
jess.cost15@gmail.com

SILVA, Quesia Jemima

UFRPE
quesiajemima0@gmail.com

OLIVEIRA, Vagne de Melo

UFRPE
vagne_melo@hotmail.com

PORTO, Ana Lúcia Figueiredo

UFRPE
analuporto@yahoo.com.br

RESUMO

Proteases alcalinas extraídas de intestino de espécies de peixes são amplamente desejadas pela indústria para aplicações nos segmentos alimentícios, farmacêuticos e biomédico. Recuperar resíduos do pescado fornece uma fonte alternativa dessas biomoléculas. Desse modo, este trabalho objetivou recuperar atividade enzimática de proteases alcalinas (colagenase, tripsina e quimotripsina) a partir de resíduos intestinais de robalo *Centropomus undecimalis* e de anchova *Pomatomus saltatrix*, como forma de reduzir o impacto ambiental causado pelos despejos inadequados e fornecer uma fonte alternativa de proteases alcalinas para a indústria. Foi detectado melhor atividade volumétrica e específica da enzima colagenolítica na segunda etapa de extração, para as ambas as espécies (*C. undecimalis*: $170,0 \pm 0,00 \text{ U.mL}^{-1}$ e $102,41 \pm 0,00 \text{ U.mg}^{-1}$; *P. saltatrix*: $139,0 \pm 0,03 \text{ U.mL}^{-1}$ e uma específica de $82,24 \pm 0,02 \text{ U.mg}^{-1}$). Ainda, a espécie de *C. undecimalis* apresentou nesta etapa melhor atividade específica para tripsina ($0,80 \pm 0,11 \text{ U.mg}^{-1}$) e quimotripsina ($0,50 \pm 0,23 \text{ U.mg}^{-1}$). Assim, os resultados sugerem possibilidade de reutilização dos resíduos orgânicos intestinais das espécies descritas com potencial para fornecimento de proteases alcalinas, seja para o segmento biomédico (colagenase), detergentes (tripsina) e/ou alimentos (quimotripsina), após processos tecnológicos adequados para cada aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: Proteases, Pescado, Resíduos.

INTRODUÇÃO

A evisceração do peixe é realizada como forma de evitar sua contaminação e aumentar a vida de prateleira do produto pesqueiro. Concomitante ao processamento, há a geração de resíduos sólidos. São partes geralmente fora do interesse do consumidor, como cabeça, barbatanas, cauda, pele, escamas (quando presentes), intestino, cecos (quando presentes), estômago, fígado, coração, mesentério e até ossos. O aumento do consumo é acompanhado do acréscimo desses mesmos resíduos, muitas vezes não recebendo tratamento adequado, sendo negligenciados, seja em mar aberto ou mesmo nos locais de separação das vísceras para comercialização.

Dos descartes residuais, o intestino de peixes é o que apresenta maior interesse biotecnológico para extração de proteases alcalinas (BEZERRA et al., 2005, 2006), como as enzimas tripsina (BOUGATEF, 2013; COSTA et al., 2013; SILVA et al., 2011; JESÚS-DE LA CRUZ et al., 2018), quimotripsina (YANG et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2017b) e collagenase (DABOOR et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2017a). Morfofisiologicamente, o intestino de peixes apresenta características típicas, pois além da função de digestão e absorção, pode auxiliar na osmorregulação e na respiração. O comprimento sofrerá variação de acordo com o tipo de alimentação. Por regra, peixes carnívoros apresentam intestino curto, reto e espesso, enquanto os onívoros apresentam intestino em forma de “N” e os herbívoros possuem um intestino longo, enovelado e fino (ROTTA, 2003).

Deste modo, este trabalho objetivou recuperar atividade enzimática de proteases alcalinas (collagenase, tripsina e quimotripsina) de resíduos orgânicos de robalo-flecha *Centropomus undecimalis* e de anchova *Pomatomus saltatrix* para futuro aproveitamento industrial, agregando valor ao produto pesqueiro e contribuindo com a redução de contaminantes no meio ambiente.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo a FAO (2017), em 2013 o consumo *per capita* global de peixe foi estimado em 19,8 kg, representando cerca de 17% da ingestão de proteínas de origem animal pela população global e 6,7% de todas as proteínas consumidas. As proteínas de peixe pode ser um componente essencial nas dietas de certos países com alta densidade populacional em que a ingestão total de proteína pode ser baixa, uma vez que uma porção de 150 g de peixe fornece cerca de 50% a 60% das necessidades diárias de proteína para um adulto (FAO, 2016).

Estimativas preliminares para 2015 indicam um crescimento adicional *per capita* de cerca de 20,3 kg, com a participação da produção aquícola no total da oferta de alimentos ultrapassando a da pesca de captura (10,4 kg *versus* 9,9 kg) (FAO, 2017). Esse aumento na produção de pescado acarreta, indubitavelmente, ao aumento da geração de resíduos sólidos – termo utilizado para produtos de não utilizados pela indústria e de baixo valor comercial (WU et al., 2010; VIDOTTI; LOPES, 2016; OLIVEIRA et al., 2017a).

As comunidades pesqueiras geralmente utilizam partes desses resíduos em trabalhos artesanais, como forma de aumentar a renda familiar ou como forma de se manter sustentável a partir dos produtos pesqueiros. As iniciativas partem desde a utilização de peles e escamas, como resíduos da maricultura (PEREIRA; ROCHA, 2015; VIEGA et al., 2015a, 2015b; FREIRE; MORAES, 2016; POLYCARPO et al., 2018). Atualmente, a pele de peixes tem sido utilizada na produção de curativos biológicos em tratamento de queimaduras e feridas, atuando de forma eficaz (ALVES et al., 2015; LIMA-JUNIOR, 2017; LIMA-JUNIOR et al., 2017).

Soma-se a isso, esses resíduos possuem um vasto manancial de fornecimento de proteínas e de proteases alcalinas (BOUGATEF, 2013; LINO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017b). Collagenase, tripsina e quimotripsina são as enzimas que recebem especial atenção, por contribuírem em vários processos fisiológicos e bioquímicos (OLIVEIRA et al., 2017c). Collagenases são altamente requeridas no mercado de enzimas, uma vez apenas elas possuem a capacidade de clivar o colágeno nativo em pH fisiológico (DABOOR et al., 2010; OLIVEIRA et

al., 2017a). Dentre as vantagens das espécies de peixes, esse tipo de fonte não oferece risco a saúde humana (OLIVEIRA et al., 2017c).

Enzimas com potencial collagenolítico demonstram, via de regra, alta eficiência catalítica sob amplas condições térmicas e de pH (DABOOR et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2017a, 2017b, 2017c). Colagenases ou enzimas com propriedades collagenolíticas são parcialmente responsáveis pela resistência em carnes vermelhas, podendo também ser utilizadas na área de engenharia de tecidos e na indústria do couro (DABOOR et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2017c).

Tripsina de espécies de peixes são proteases conhecidas por atuar em diferentes condições ambientais, possuir diferentes isoformas e apresentar uma variedade de aplicações (LINO et al., 2014; JESÚS-DE LA CRUZ et al., 2018). Essas enzimas já foram recuperadas através de bioprocessos de isolamento, técnicas de purificação e de imobilização (ALVES et al., 2017; AZEVEDO et al., 2018), visando uso principalmente na indústria de detergentes (ESPÓSITO et al., 2009, 2010; MEDEIROS et al., 2015), enquanto que as quimotripsinas extraídas de vísceras internas de organismos aquáticos podem ser utilizadas na indústria alimentícia, de produção de couro, indústria química e biomédica (LINO et al., 2014; ZHOU et al., 2011).

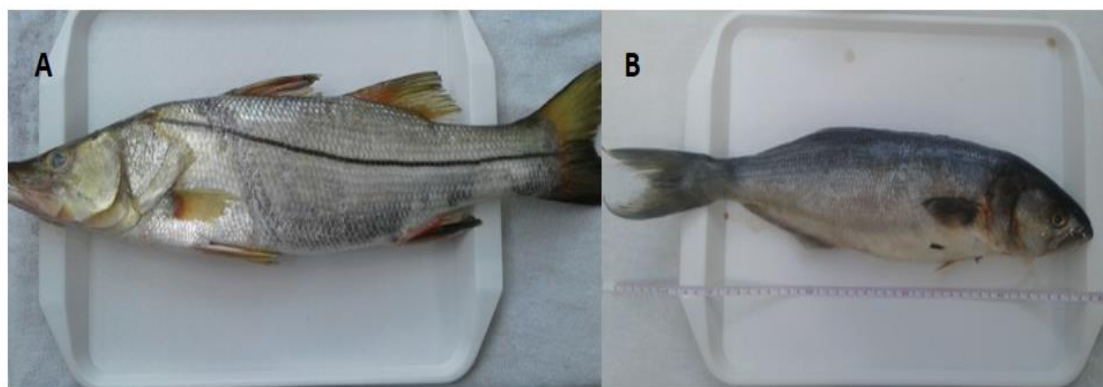
METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Produtos Bioativos, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco (LABTECBIO/DMFA/UFRPE).

Obtenção do material biológico

As vísceras digestivas utilizadas foram provenientes da evisceração do robalo-flecha *Centropomus undecimalis* (Figura 1A) e da anchova *Pomatomus saltatrix* (Figura 1B), adquiridas junto a colônia de pescadores do Pina, Boa Viagem, Recife, Pernambuco, Brasil. Após o processamento das espécies, os resíduos descartados foram selecionados e tratados separadamente, a saber: intestino, fígado e resquícios de músculo; para posterior recuperação de proteases alcalinas.

Figura 1. Exemplares de robalo e de anchova para processo de filetagem.



Fonte: Acervo pessoal.

Extração enzimática

A extração de proteases a partir dos resíduos dos sólidos do robalo *C. undecimalis* (Figura 2) e da anchova *P. saltatrix* foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Oliveira et al. (2017a). A razão de vísceras para tampão de extração (0,05 M de Tris-HCl, pH 7,5, contendo 5 mM de CaCl_2) foi de 1:5 (w/v). O método de extração seguiu os passos sistemáticos de acordo

com os autores, a partir dos quais as frações foram recolhidas para determinação de proteínas totais e da atividade enzimática. Todas as vísceras recolhidas foram homogeneizadas separadamente durante 5 minutos em um homogeneizador ajustado a velocidade de 10,000-12,000 rpm (4°C) (IKA RW 20D S32, China).

Figura 2. Resíduos sólidos descartados da espécie de robalo.



A- Resíduos intestinais; B- Extrato bruto centrifugado. Fonte: Acervo pessoal.

Determinação de proteínas totais

A concentração de proteína totais de todos os extratos brutos preparados com resíduos sólidos foi determinada de acordo com metodologia descrita por Smith et al. (1985).

Determinação da atividade collagenolítica

A determinação da atividade collagenolítica foi realizada segundo metodologia descrita por Oliveira et al. (2017a), utilizando Azo dye-impregnated collagen - Azocoll (Sigma) como substrato. Uma mistura de reação, que contém 5 mg de azocoll, 500 µl de 50 mM Tris-HCl (pH 7,5) que continha CaCl_2 5 mM e 500 µl de extrato enzimático, foram incubados a 55°C durante 30 minutos, sob agitação constante e em quadruplicata. Posteriormente, foram adicionados 200 µl de ácido tricloroacético (TCA) e incubadas para parar a reação. Após 10 minutos, as amostras foram centrifugadas (Centrífuga Sorvall Superspeed RC-6, Carolina do Norte, EUA) a 10.000 x g durante 10 minutos a 4°C. A leitura da amostra foi realizada com espectrofotômetro em um comprimento de onda de 595 nm. Uma unidade de enzima foi definida como a quantidade de enzima necessária para aumentar a absorção de 0,01 a 595 nm.

Determinação da atividade da tripsina e quimotripsina

A atividade das proteases foi determinada utilizando-se 170 µL de tampão Tris-HCl 0,05 M pH 7,5, 30µL de extrato enzimático (E.B.) e 30 µL de substrato específico, sendo N- α -benzoyl-DL-Arginina-p-nitroanilida (BApNA) e Suc-Phe-p-Nan (SApNA) para tripsina e quimotripsina, respectivamente. Após o período de incubação de 15 min., a absorbância das amostras foi mesurada no leitor de microplaca (xMarktm BIORAD) no comprimento de onda de 405 nm. Todas as análises foram realizadas em quadruplicata (OLIVEIRA et al., 2017b).

Análise estatística

Todos os valores foram apresentados como médias $\pm$ desvios-padrão. Estes dados foram analisados estatisticamente por ANOVA, seguida do teste Tukey, quando indicado. Diferenças entre os grupos foram aceitos como significativos ao nível de confiança de 95% ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resíduos intestinais foram devidamente processados (macerados, homogeneizados e centrifugados) para a produção do extrato bruto e os resultados da recuperação da atividade enzimática estão descritos na tabela para ambas as espécies, robalo-flecha *C. undecimalis* e anchova *P. saltatrix* (Tabela 1).

Tabela 1. Aproveitamento de resíduos orgânicos do processamento do robalo-flecha e da anchova

Resíduos	Processo	Atividade de protease com BAPNA (U.mg ⁻¹) ¹	Atividade de protease com Suc-Phe-p-Nan) (U.mg ⁻¹) ²	Proteína total (µg/mL)	Atividade collagenolítica ³	
					Atividade volumétrica (U.mL ⁻¹)	Atividade específica (U.mg ⁻¹)
Centropomus undecimalis (Robalo)						
Intestino	Etapa I	0,34 ± 0,15	0,27 ± 0,15	4436,66	141,6 ± 0,12	32,18 ± 0,02
	Etapa II	0,80 ± 0,11	0,50 ± 0,23	1666,02	170,0 ± 0,00	102,41 ± 0,00
	Etapa III	0,60 ± 0,06	0,16 ± 0,59	1270,47	15,12 ± 0,01	18,00 ± 0,01
	Etapa IV	0,47 ± 0,00	0,19 ± 0,06	1196,30	7,08 ± 0,00	9,00 ± 0,00
Pomatomus saltatrix (Anchova)						
Intestino	Etapa I	ND	ND	1613,25	76,0 ± 0,02	47,20 ± 0,01
	Etapa II	ND	ND	1659,91	139,0 ± 0,03	82,24 ± 0,02
	Etapa III	ND	ND	ND	ND	ND
	Etapa IV	ND	ND	ND	ND	ND

ND - Não determinado.

¹Atividade de protease utilizando N α -benzoyl-DL-arginine-p-nitroanilide (BApNA) como substrato específico (tripsina)

² Atividade de protease utilizando Succinyl-DL-fenilalanina-p-nitroanilida (Suc-Phe-p-Nan) como substrato específico (quimotripsina)

³ Atividade de protease utilizando Azocoll como substrato específico.

Foi recuperada atividade enzimática dos extratos das duas espécies de peixes. As etapas de processamento também influenciaram na atividade, como demonstrado (Tabela 1), uma vez que à medida que cada etapa foi realizada, ocorreu uma redução acentuada de contaminantes (detritos) no extrato. Todavia, o tipo de processamento pode ter influenciado na queda de atividade collagenolítica nos extratos de robalo-flecha *C. undecimalis*.

Aqui, a melhor atividade collagenolítica recuperada dos resíduos intestinais do robalo *C. undecimalis* foi na etapa II, registrando uma atividade volumétrica de 170,0 $\pm$ 0,00 U.mL⁻¹ e uma específica de 102,41 $\pm$ 0,00 U.mg⁻¹. Após esta etapa, houve uma redução significativa das atividades volumétrica e específica, sinalizando a possibilidade de realização da maceração, homogeneização e centrifugação apenas uma única vez para que se possa obter uma enzima com eficiência catalítica, diminuindo o tempo de trabalho e os custos com energia e manutenção dos equipamentos.

Os extratos de anchovas *P. saltatrix* só passaram pelas etapas I e II, devido a quantidade diminuta de conteúdo intestinal processado. A etapa II registrou uma atividade volumétrica de 139,0 $\pm$ 0,03 U.mL⁻¹ e uma específica de 82,24 $\pm$ 0,02 U.mg⁻¹, praticamente dobrando de atividade

após a etapa I. os dados obtidos para enzimas com propriedades collagenolíticas vão de encontro ao reportado na literatura científica, uma vez que o intestino é a víscera interna com uma das maiores possibilidades de fornecer proteases atuantes do ponto de vista fisiológico, principalmente collagenases, como observado por Yoshinaka et al. (1978) ao investigar a presença de collagenases intestinais em *Sardinops melanosticta* (34,3 U.mg⁻¹), *Salmo gairdnerii* (36,8 U.mg⁻¹), *Carassius langsdorfi* (4,8 U.mg⁻¹), *Cyprinus carpio* (10,4 U.mg⁻¹), *Parasilurus asotus* (3,1 U.mg⁻¹), *Anguilla japonica* (33.9 U.mg⁻¹) e *Seriola quinquerdiota* (0.7 U.mg⁻¹). Deve ser levado em consideração o habitat e o hábito alimentar das espécies, uma vez que o tipo de ambiente e de alimentação influenciam na ação da enzima.

Ainda, recuperação de atividade collagenolítica a partir de resíduos orgânicos do pescado já foi descrito para espécies de *Pseudopleuronectes americanus* (3,82 U.mg⁻¹) (TERUEL; SIMPSON, 1995), *Thunnus thynnus* (16,5 U.mg⁻¹) (BYUN et al., 2002), *Novodon modestus* (114,15 U.mg⁻¹) (KIM et al., 2002), *Scomber japonicus* (16,5 U.mg⁻¹) (PARK et al., 2002), *S. dumerili* (42,4 U.mg⁻¹) (OLIVEIRA et al., 2017b) e *Cynoscion leiarchus* (22,0 U.mg⁻¹) (OLIVEIRA et al., 2017a). Além da víscera isolada, já foi registrado detecção de atividade de collagenase numa mistura de subprodutos de várias espécies, como os reportados por Daboor et al. (2012). Assim, isolar collagenase desses resíduos é uma forma de contribuir com a economia pesqueira e com planos de gestão de resíduos negligenciados.

Atividade enzimática das proteases alcalinas tripsina e quimotripsina foram recuperadas a partir dos extratos produzidos da espécie de robalo-flecha *C. undecimalis* estão descritos na (Tabela 1). A atividade específica mais significativa da tripsina e da quimotripsina foi na etapa II, atingindo $0,80 \pm 0,11$ U.mg⁻¹ e $0,50 \pm 0,23$ U.mg⁻¹, respectivamente. Após esta etapa, houve uma acentuada perda de atividade. Enzimas alcalinas de espécies de peixes, como tripsina e quimotripsina, são fundamentais nos processos de digestão dos organismos e são empregadas industrialmente em vários bioprocessos, desde seu isolamento para produção de sabão em pó na indústria de detergentes, como na de alimentos nas etapas amaciamento da carne (CASTILLO-YAÑEZ et al., 2009; ESPÓSITO et al., 2009, 2010; ZHOU et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2014; MEDEIROS et al., 2015; YOUNES et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2017b; AZEVEDO et al., 2018).

Embora a collagenase seja a única capaz de clivar o colágeno nativo, a tripsina e a quimotripsina podem atuar auxiliando a partir dos fragmentos de colágeno liberados (TERUEL; SIMPSON, 1995; OLIVEIRA et al., 2017a). Dessa forma, é extremamente desejável que novas fontes de collagenase, de tripsina e de quimotripsina possam ser investigadas, principalmente quando se dá através da reutilização de resíduos do pescado, que seriam descartados indevidamente. A proteases alcalinas (tripsina e quimotripsina) recuperadas de subprodutos sólidos do processamento do pescado (Tabela 2). Os valores fazem referências apenas aos dados citados pelos autores de extrato bruto, uma vez que com a utilização de técnicas mais aprimoradas e muitas vezes onerosas, é possível aumentar a atividade enzimática.

Tabela 2. Atividade enzimática alcalina recuperada de extratos brutos de espécies de peixes tropicais e neotropicais

Espécie	Resíduos	Enzima	Atividade específica	Referência
<i>Centropomus undecimalis</i>	Intestino	Tripsina	0,80 U.mg ⁻¹	Presente trabalho
<i>Centropomus undecimalis</i>	Intestino	Quimotripsina	0,50 U.mg ⁻¹	Presente trabalho
<i>Symphysodon aequifasciatus</i>	Intestino	Tripsina	0,79 U.mg ⁻¹	Chong et al. (2002)
<i>Symphysodon aequifasciatus</i>	Intestino	Quimotripsina	0,61 U.mg ⁻¹	Chong et al. (2002)
<i>Oreochromis niloticus</i>	Intestino	Tripsina	3,39 U.mg ⁻¹	Bezerra et al. (2005)
<i>Carassius auratus</i>	Hepatopancreas	Quimotripsina	0,62 U.mg ⁻¹	Yang et al. (2009)
<i>Diapterus rhombeus</i>	Vísceras digestivas	Tripsina	1,81 U.mg ⁻¹	Silva et al. (2011)
<i>Arapaima gigas</i>	Cecos pilóricos	Tripsina	0,37 U.mg ⁻¹	Freitas-Junior et al. (2013)
<i>Caranx hippos</i>	Cecos pilóricos	Tripsina	0,9 U.mg ⁻¹	Costa et al. (2013)

<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	Vísceras internas	Tripsina	0,52 U.mg ⁻¹	Cuenca-Soria et al. (2014)
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	Vísceras internas	Quimotripsina	0,8 U.mg ⁻¹	Cuenca-Soria et al. (2014)
<i>Atractosteus tropicus</i>	Trato digestivo	Tripsina	0,02 U.mg ⁻¹	Guerrero-Zárate et al. (2014)
<i>Atractosteus tropicus</i>	Trato digestivo	Quimotripsina	4,0 U.mg ⁻¹	Guerrero-Zárate et al. (2014)
<i>Cirrhinus mrigala</i>	Trato digestivo	Tripsina	0,086 U.mg ⁻¹	Khangembam e Chakrabarti (2015)
<i>Rachycentron canadum</i>	Cecos pilóricos	Tripsina	0,55 U/mg ⁻¹	França et al. (2016)
<i>Liza aurata</i>	Vísceras digestivas	Tripsina	0,16 U/mg ⁻¹	Bkhairia et al. (2016)
<i>Seriola dumerili</i>	Intestino	Tripsina	1,46 U.mg ⁻¹	Oliveira et al. (2017b)
<i>Seriola dumerili</i>	Intestino	Quimotripsina	0,71 U.mg ⁻¹	Oliveira et al. (2017b)
<i>Thunnus alalunga</i>	Fígado	Tripsina	0,65 U.mg ⁻¹	Klomklao e Benjakul (2018)

CONCLUSÕES

Atividade enzimática de proteases alcalinas foram recuperadas a partir de resíduos orgânicos de robalo-flecha *C. undecimalis* e de anchova *P. saltatrix*. Ambas as espécies demonstraram potencial para fornecimento de proteases com propriedades colagenolíticas. Ainda, a espécie de robalo-flecha *C. undecimalis* também se apresentou de forma potencial para fornecimento de tripsina de interesse industrial.

Os dados desses experimentos são importantes por sugerir a reutilização dos resíduos orgânicos das espécies citadas, agregando valor ao produto da pesca; por reduzir o impacto ambiental causado pelos despejos inadequados e, também, acaba por fornecer ao mercado comercial de enzimas uma nova alternativa.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. P. N. N.; VERDE, M. E. Q. L.; FERREIRA JUNIOR, A. E. C.; SILVA, P.G.B.; FEITOSA, V. P.; LIMA JÚNIOR, E. M.; MIRANDA, M. J. B.; MORAES FILHO, M.O. Avaliação microscópica, estudo histoquímico e análise de propriedades tensiométricas da pele de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Queimaduras**, v.14, p.203-10, 2015.
- ALVES, M. H. M. E.; NASCIMENTO, G. A.; CABRERA, M. P.; SILVERIO, S. I. C.; NOBRE, C.; TEIXEIRA, J. A.; CARVALHO JÚNIOR, L. B. Trypsin purification using magnetic particles of azocasein-iron composite. **Food Chemistry**, v.226, p.75-78, 2017.
- AZEVEDO, R. D. S.; AMARAL, I. P. G.; FERREIRA, A. C. A.; ESPÓSITO, T. S.; BEZERRA, R. S. Use of fish trypsin immobilized onto magnetic-chitosan composite as a new tool to detect antinutrients in aquafeeds. **Food Chemistry**, v.257, p.302-309, 2018.
- BKHAIRIA, I.; BEN KHALED, H.; KTARI, N.; MILED, N.; NASRI, M.; GHORBEL, S. Biochemical and molecular characterisation of a new alkaline trypsin from *Liza aurata*: structural features explaining thermal stability. **Food Chemistry**, v.196, p.1346-1354, 2016.
- BEZERRA, R. S.; LINS, E. J. F.; ALENCAR, R. B.; PAIVA, P. M. G.; CHAVES, M. E. C.; COELHO, L. C. B. B.; CARVALHO J. R. L. Alkaline proteinase from intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Process Biochemistry**, v.40, p.1829-1834, 2005.
- BEZERRA, R. S.; BUARQUE, D. S.; AMARAL, I. P. G.; CASTRO, P. F.; ESPÓSITO, T. S.; CARVALHO J. R. L. B. **Propriedades e aplicações biotecnológicas das proteases de vísceras de peixes**. In: POSSEBON CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. (Org.). *AquaCiência*, 2004. Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura (pp. 2061 –275). Campinas, SP: Artpoint Produção Gráfica, 2006.
- BOUGATEF, A. Trypsin's from fish processing waste: characteristics and biotechnological applications comprehensive review. **Journal of Cleaner Production**, v.57, p.257-265, 2013.

- BYUN, H. G.; PARK, P. J.; SUNG, N. J.; KIM, S. K. Purification and characterization of a serine proteinase from the tuna pyloric caeca. **Journal of Food Biochemistry's**, v.26, p.479-494, 2002.
- CASTILLO-YAÑEZ, F. J.; PACHECO-AGUILAR, R.; LUGOSANCHEZ, M. E.; GARCIA-SANCHEZ, G.; QUINTERO REYES, I. E. Biochemical characterization of an isoform of chymotrypsin from the viscera of Monterey sardine (*Sardinops sagax caerulea*) and comparison with bovine Chymotrypsin. **Food Chemistry**, v.112, p.634-639, 2009.
- CHONG, A. S. C.; HASHIM, R.; CHOW-YANG, L.; ALI, A. B. Partial characterization and activities of proteases from the digestive tract of discus fish (*Symphysodon aequifasciata*). **Aquaculture**, v.203, p.321-333, 2002.
- COSTA, H. M. S.; FREITAS JUNIOR, A. C. V.; AMARAL, I. P. G.; HIRATA, I. Y.; PAIVA, P. M. G.; CARVALHO JUNIOR, L. B.; BEZERRA, R. S. Metal-sensitive and thermostable trypsin from the crevalle jack (*Caranx hippos*) pyloric caeca: purification and characterization. **Chemistry Central Journal**, v.7, p.1-8, 2013.
- CUENCA-SORIA, C. A.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C. A.; ORTIZ-GALIND, J. L.; NOLASCO-SORIA, H.; TOVAR-RAMÍREZ, D.; GUERRERO-ZÁRATE, R.; CASTILLO-DOMÍNGUEZ, A.; PERERA-GARCÍA, M. A.; HERNÁNDEZ-GÓMEZ, R.; GISBERT, E. Partial characterisation of digestive proteases of the Mayan cichlid *Cichlasoma urophthalmus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.40, p.689-699, 2014.
- DABOOR, S. M.; BUDGE, S. M.; GHALY, A. E.; BROOKS, M. S.; DAVE, D. Extraction and Purification of Collagenase Enzymes: A Critical Review. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology**, v.6, p.239-263. 2010.
- DABOOR, S. M.; BUDGE, S. M.; GHALY, A. E.; BROOKS, M. S.; DAVE, D. Isolation and activation of collagenase from fish processing waste. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v.3, p.191-203, 2012.
- ESPÓSITO, T. S.; AMARAL, I. P. ; BUARQUE, D. S.; OLIVEIRA, G. B.; CARVALHO JUNIOR, L. B.; BEZERRA, R.S. Fish processing waste as a source of alkaline proteases for laundry detergent. **Food Chemistry**, v.112, p.125-130, 2009.
- ESPÓSITO, T. S.; MARCUSCHI, M.; AMARAL, I. P. G.; CARVALHO, L. B.; BEZERRA, R. S. Trypsin from the processing waste of the lane snapper (*Lutjanus synagris*) and its compatibility with oxidants, surfactants and commercial detergents. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p.6433-6439, 2010.
- FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016**. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 p., 2016.
- FAO yearbook. **Fishery and Aquaculture Statistics**. 2015/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture. 2015/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura. 107p., 2017.
- FRANÇA, R. C. P.; ASSIS, C. R. D.; SANTOS, J. F.; TORQUATO, R. J. S.; TANAKA, A. S.; HIRATA, I. Y.; ASSIS, D. M.; JULIANO, M. A.; CAVALLI, R. O.; CARVALHO JUNIOR, L. B.; BEZERRA, R. S. Bovine pancreatic trypsin inhibitor immobilized onto sepharose as a new strategy to purify a thermostable alkaline peptidase from cobia (*Rachycentron canadum*) processing waste. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part B**, v.1033-1034, p.210-217, 2016.
- FREITAS JUNIOR, A. V. C.; COSTA, H. M. S.; ICIMOTO, M. Y.; HIRATA, I. Y.; MARCONDES, M.; CARVALHO JUNIOR, L. B.; OLIVEIRA, V.; BEZERRA, R. S. Giant Amazonian fish arapaima (*Arapaima gigas*): its viscera as a source of thermostable trypsin. **Food Chemistry**, v.133, p.1596-1602, 2012.
- FREIRE, M. A. S.; MORAES, F. M. Análise econômica da poluição com resíduos do sururu (*Mytella falcata*, orbigny, 1846): uma tragédia dos campos comuns na Ilha de Deus? In: EL-DEIR, S. G.; PINHEIRO, S. M. G.; AGUIAR, W. J. (Org.) **Resíduos sólidos: práticas para uma gestão sustentável**. 1ª ed. Recife: EDUFPRPE, p. 486-495, 2016.

- GUERRERO-ZÁRATE, R.; ALVAREZ-GONZÁLEZ, A. C.; OLVERA-NOVOA, M. A.; PERALES-GARCÍA, N.; FRÍAS-QUINTANA, C. A.; MARTÍNEZ-GARCÍA, R.; CONTRERAS-SÁNCHEZ, W. M. Partial characterization of digestive proteases in tropical gar *Atractosteus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.40, n.4, p.1021-1029, 2014.
- JESÚS-DE LA CRUZ, K.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C. F.; PEÑA, E.; MORALES-CONTRERAS, J. A.; ÁVILA-FERNÁNDEZ, A. Fish trypsins: potential applications in biomedicine and prospects for production. **3 Biotech**, v.8, n.186, p.185-186, 2018.
- KHANGEMBAM, B. K.; CHAKRABARTI, R. Trypsin from the digestive system of carp *Cirrhinus mrigala*: Purification, characterization and its potential application. *Food Chemistry*, v.175, p.386-394, 2015.
- KIM, S. K.; PARK, P. J.; KIM, J. B.; SHAHIDI, F. Purification and characterization of a collagenolytic protease from the filefish, *Novodon modestus*. **Journal of biochemistry and molecular biology**, v.335, p.165-171, 2002.
- KLOMKLAO, S.; BENJAKUL, S. Two trypsin isoforms from albacore tuna (*Thunnus alalunga*) liver: Purification and physicochemical and biochemical characterization. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.107, p.1864-1870, 2018.
- LIMA, E. M. Tecnologias inovadoras: uso da pele da tilápia do Nilo no tratamento de queimaduras e feridas. **Revista Brasileira de Queimaduras**, v.16, n.1, p.1-2, 2017.
- LIMA-JUNIOR, E. M.; PICOLLO, N. S.; MIRANDA, M. J. B.; RIBEIRO, W. L. C.; ALVES, A. P. N. N.; FERREIRA, G. E.; PARENTE, E. A.; MORAES-FILHO, M. O. Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. **Revista Brasileira de Queimaduras**, v.16, p.10-7, 2017.
- LINO, L. H. S.; ROBERTO, N. A.; BEZERRA, R. S.; OLIVEIRA, V. M.; PORTO, A. L. F. Aproveitamento dos subprodutos de cavala (*Scomberomorus cavala*) para obtenção de proteases digestivas: temperatura ótima e termoestabilidade. **Revista Saúde & Ciência Online**, v.3, p.305-311, 2014.
- MEDEIROS, F. S.; MARCUSCHI, M.; ASSIS, C. R. D.; SILVA, J. F.; ESPÓSITO, T. S.; BEZERRA, R. S. Potencial laundry detergent applications of mutton snapper (*Lutjanus analis*) proteases. **Journal of FisheriesSciences.com**, v.9, n.3, p. 063-069, 2015.
- OLIVEIRA, V. M.; ASSIS, C. R. D.; BEZERRA, R. S. Fish digestive hydrolase: biochemical, physiological and biotechnological aspects. **REB, Revista Eletrônica de Biologia**, v.7, n.3, p.330-341, 2014.
- OLIVEIRA, V. M.; ASSIS, C. R. D.; HERCULANO, P. N.; CAVALCANTI, M. T. H.; BEZERRA, R. S.; PORTO, A. L. F. Collagenase from smooth weakfish: extraction, partial purification, characterization and collagen specificity test for industrial application. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.43, n.1, p.52-64, 2017a.
- OLIVEIRA, V. M.; NASCIMENTO, T. P.; ASSIS, C. R. D.; BEZERRA, R. S.; PORTO, A. L. F. Study on enzymes of industrial interest in digestive viscera: Greater amberjack (*Seriola dumerili*). **Journal of Coastal Life Medicine**, v.5, n.6, p.233-238, 2017b.
- OLIVEIRA, V. M.; CARNEIRO CUNHA, M. N.; ASSIS, C. R. D.; NASCIMENTO, T. P.; HERCULANO, P. N.; CAVALCANTI, M. T. H.; PORTO, A. L. Colagenases de pescado e suas aplicações industriais. **Pubvet**, v.11, n.3, p. 243-255, 2017c.
- PARK, J. P.; LEE, S. H.; BYUN, H. G.; KIM, S. H.; KIM, S. K. Purification and characterization of a collagenase from the mackerel, *Scomber japonicus*. **Journal of biochemistry and molecular biology**, v.35, p.576-582, 2002.
- PEREIRA, L. A.; ROCHA, R. M. A maricultura e as bases econômicas, social e ambiental que determinam seu desenvolvimento e sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, v.18, n.3, p. 41-54, 2015.

- POLYCARPO, J. S. M.; SANTOS JUNIOR, M. A.; BELTRAME, L. T. C. Alternativas para o uso dos resíduos da maricultura. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; El-Deir, S.G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, p. 79-86, 2018.
- ROTTA, M. A. **Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003.
- SILVA, J. F.; ESPOSITO, S. T.; MARCUSCHI, M.; RIBEIRO, K.; CAVALLI, R. O.; OLIVEIRA, V.; BEZERRA, R.S. Purification and partial characterization of a trypsin from the processing waste of the silver mojarra (*Diapterus rhombeus*). **Food Chemistry**, v.129, p.777-782, 2011.
- SMITH, P. K.; KROHN, R. I.; HERMANSON, G. T.; MALLIA, A. K.; GARTNER, F. H.; PROVENZANO, M. D.; FUJIMOTO, E. K.; GOEKE, N. M.; OLSON, B. J.; KLENK, D. C. Measurement of protein using bicinchoninic acid. **Analytical Biochemistry**, v.150, n.1, p. 76-85, 1985.
- TERUEL, S. R. L.; SIMPSON, B. K. Characterization of the collagenolytic enzyme fraction from winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**, v.112, p.131-136, 1995.
- VIEGA, M. C. M.; MOURA, J. R.; SANTOS, G.; COSTA, W. M. Capacitação em aproveitamento de resíduos de pesca (Escamas e Conchas) no programa social do chapéu de palha. In: EL-DEIR, G.S.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas**. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2015a, p. 190-202.
- VIEGA, M. C. M.; MOURA, J. R.; VIDAL, J. M. A.; COSTA, W. M. Oficinas de artesanato com resíduos de pescado em duas comunidades pesqueiras de Pernambuco. In: EL-DEIR, G.S.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas**. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2015b, p. 295-303.
- VIDOTTI, R. M.; LOPES, I. V. Resíduos orgânicos gerados na piscicultura. **Pesquisa & Tecnologia**, v.13, n.2, p.1-6, 2016.
- WU, G. P.; CHEN, S. H.; LIU, G. M.; YOSHIDA, A.; ZHANG, L. J.; SU, W. J.; CAO, M. J. Purification and characterization of a collagenolytic serine proteinase from the skeletal muscle of red sea bream (*Pagrus major*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**, v.155, p.281-287, 2010.
- ZHOU, L.; BUDGE, S. M.; GHALY, A. E.; BROOKS, M. S.; DAVE, D. Extraction, Purification and characterization of fish chymotrypsin: A Review. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology**, v.7, p.104-123, 2011.
- YANG, F.; SU, W. J.; LU, B. J.; WU, T.; SUN, L. C.; HARA, K.; CAO, M. Purification and characterization of chymotrypsins from the hepatopancreas of crucian carp (*Carassius auratus*). **Food Chemistry**, v.116, p. 860-866 2009.
- YOSHINAKA, R.; SATO, M.; IKEDA, S. Distribution of collagenase in the digestive of some teleost. **Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish**, v.44, p.26-267, 1978.

2.2. PURIFICAÇÃO PARCIAL DE BIOMOLÉCULAS EXTRAÍDAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO PESCADO BENEFICIADO EM PETROLÂNDIA-PE

OLIVEIRA, Vagne de Melo

Universidade Federal Rural de Pernambuco

vagne_melo@hotmail.com

SILVA, Jessica Costa

Universidade Federal de Pernambuco

jess.cost15@gmail.com

SILVA, Quesia Jemima

UFRPE

quesiajemima0@gmail.com

PORTO, Ana Lúcia Figueiredo

UFRPE

analuporto@yahoo.com.br

RESUMO

Cabeça, cauda, barbatanas, ossos, pele, estômago, intestino, cecos, mesentério e até coração são consideradas partes não comestíveis, ou de pouco interesse do consumidor. Assim, acabam sendo descartados. A indústria acaba não investindo no reaproveitamento desses resíduos sólidos muito devido a elevação dos custos que isso traria. Todavia, esses resíduos são fontes de biomoléculas proteicas, especialmente com função enzimática. Com isso, este trabalho objetivou purificar parcialmente biomoléculas obtidas de resíduos sólidos de *Cichla ocellaris* (intestino, fígado, coração, estômago e resquícios de músculo) usando a centrifugação; bem como de isolar colágeno proveniente desses resíduos para testar a viabilidade biotecnológica. Todos os resíduos internos apresentaram potencial no fornecimento de proteases alcalinas, exceto o estômago. O coração apresentou melhor desempenho com o substrato BApNA ($21,53 \text{ U.mg}^{-1}$) e Suc-Phe-p-Nan ($21,53 \text{ U.mg}^{-1}$), indicando a presença de tripsina-like e quimotripsina-like, respectivamente. A atividade collagenolítica mais significativa foi detectada no intestino ($94,35 \text{ U.mg}^{-1}$). Da pele, foi extraído o colágeno. A produção de peptídeos se deu por hidrólise após 24 horas em contato com a enzima collagenolítica intestinal. Dessa forma, foi possível reaproveitar todas as vísceras descartadas, dando um destino biotecnológico para cada uma, agregando valor ao produto da pesca e reduzindo o impacto ambiental ocasionado pelos despejos inadequados.

PALAVRAS-CHAVE: colágeno, enzimas, resíduos.

INTRODUÇÃO

O acréscimo na demanda pelo pescado é diretamente relacionado com o aumento do número de resíduos descartados, muitas vezes despejados de forma inapropriada, acarretando em danos ambientais graves. Sabe-se que após a filetagem (o filé é considerado a parte nobre do peixe), são negligenciados os subprodutos residuais. Todavia, esses descartes são fontes potenciais no fornecimento de moléculas bioativas de interesse biotecnológico, sobretudo para extração de biomoléculas proteicas (BEZERRA et al., 2006; BOUGATEF, 2013; OLIVEIRA et al., 2017a).

Resíduos da piscicultura e da maricultura são utilizados por comunidades de pescadores como peça artesanal (PEREIRA; ROCHA, 2015; VIEGA et al., 2015a, 2015b; FREIRE e MORAES, 2016; POLYCARPO et al., 2018). Vários autores já relataram o uso dos resíduos sólidos como alternativa no fornecimento de proteínas, numa tentativa de recuperar atividades biologicamente ativas e de dar um destino adequado a esses resíduos. Dentre essas moléculas, estão as proteases, um dos grupos de enzimas mais importante do ponto de vista fisiológico e comercial. Tripsina, quimotripsina e colagenase são amplamente desejadas pelos segmentos industriais (BOUGATEF, 2013; LINO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017b).

Assim, este trabalho objetivou purificar parcialmente biomoléculas obtidas de resíduos sólidos de *Cichla ocellaris* (intestino, fígado, coração, estômago e resquícios de músculo) através de técnicas simples, usando a centrifugação; bem como de isolar colágeno proveniente desses resíduos para testar a viabilidade biotecnológica.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), o consumo mundial *per capita* (população/renda) de pescado e de seus produtos passou de 9,9 kg habitante/ano em 2005 para 18,9 kg habitante/ano em 2011, onde este grupo representou 16,7% do consumo de proteína animal total. Ainda de acordo com esse relatório, em 2011, valores próximos de 90%, ou 136,2 milhões de toneladas da produção pesqueira total foi utilizada para consumo humano direto. Os 14% restantes (21,7 milhões de toneladas) foram destinados para outros produtos não alimentares, principalmente para a fabricação de farinha e óleo de peixe (FAO, 2014).

A produção de pescado nacional para o ano de 2011 foi de 1.431.974,4 milhões de toneladas, registrando-se um incremento de aproximadamente 13,2% em relação ao ano anterior. Segundo dados oficiais, a pesca extrativa continuou sendo a principal fonte de produção, responsável por 553.670,0 t (38,7% do total), seguida pela aquicultura continental (544.490,0 t; 38,0%), pesca extrativa continental (249.600,2 t; 17,4%) e aquicultura marinha (84.214,3 t; ~6%) (MPA, 2013).

A região Nordeste registrou a maior produção de pescado do país, com 454.216,9 de toneladas, respondendo por 31,7% da produção nacional. Na análise da produção pesqueira marinha por espécie, observou-se que o grupo dos peixes representou 87% da produção total, seguido pelos crustáceos (10%) e moluscos (3%) (MPA, 2013). Acompanhando a produção, está o aumento gradual da produção de resíduos descartados nas etapas de processamento do peixe, a chamada evisceração (LINO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017a, 2017b).

O termo “resíduo” refere-se às sobras e subprodutos do processamento, de baixo valor comercial, sendo formado por cabeça, pele, escamas, espinhas, barbatanas e vísceras internas (coração, fígado, estômago, intestinos, cecos pilóricos, mesentério, etc.). Somam-se a estes resíduos, as cabeças, cascas e caudas de crustáceos, produtos que são descartados, muitas vezes inadequadamente, no meio ambiente. Os resíduos da classe II da NBR 10.004 (não inertes, propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água, como resíduos de pescado não-contaminados) da indústria pesqueira são os que apresentam maior

potencial para implantação de tecnologias (LIMA, 2013), agregando valor, propiciando uma atividade economicamente viável e ecologicamente sustentável (BEZERRA et al., 2006).

Vísceras digestivas de espécies marinhas e de água doce representam uma fonte rica e potencial de biomoléculas ativas, as quais podem ser aplicadas em diversos processos tecnológicos (BEZERRA et al., 2006; LINO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017b, 2017c), tais como na extração de colágeno (MUYONGA et al., 2004; VIDOTTI e GONÇALVES, 2006; VIDOTTI e LOPES, 2016), produção de óleo para a indústria farmacêutica e alimentícia (FELTES et al., 2010; LIMA, 2013), nas etapas de processamento da carne e na produção de silagem (GODDARD; PERRET, 2005; FELTES et al., 2010; GOOSEN et al., 2014), na preparação de hidrolisados proteicos (BEZERRA et al., 2006) e na produção de farinha de peixe (LIMA, 2013; OLIVEIRA et al., 2014). Atrelado a isso, várias pesquisas estão sendo realizadas objetivando encontrar fontes de outras espécies de cultivadas e/ou exóticas como alternativas para aplicações biotecnológicas (BEZERRA et al., 2005; MARCHUSCHI et al., 2010; SILVA et al., 2011; FREITAS JUNIOR et al., 2012; COSTA et al., 2013; SILVA et al., 2014).

O processo de aproveitamento para obtenção de um produto finalizado a partir destes subprodutos passa por uma sucessão de etapas, desde a obtenção das vísceras à identificação estrutural, caracterização físico-química e definição dos parâmetros cinéticos da biomolécula (BEZERRA et al., 2005; ESPÓSITO et al., 2009; COSTA et al., 2013; SILVA et al., 2014).

A extração de enzimas digestivas de peixes tropicais e neotropicais têm reportado para uma gama de proteases (BEZERRA et al., 2006; DABOOR et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2017b), tais como tripsina (SILVA et al., 2014), quimotripsina (YANG et al., 2009) e collagenase (DABOOR et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2017a). A pele é fonte rica em colágeno (CHEN et al., 2016) e com a vantagem de possuir as mesmas características físico-químicas do colágeno de mamíferos e ainda não oferecer risco na transmissão de doenças (OLIVEIRA et al., 2017d). Ainda, podem ser utilizadas para fins de tratamento de lesões cutâneas produção de curativos biológicos (ALVES et al., 2015; LIMA-JUNIOR, 2017; LIMA-JUNIOR et al., 2017).

METODOLOGIA

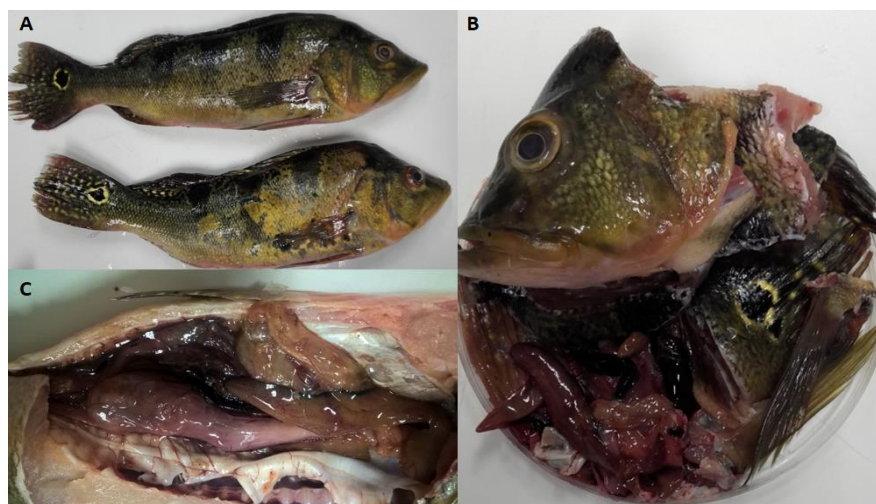
O trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Produtos Bioativos, Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco (LABTECBIO/DMFA/UFRPE).

Obtenção do material biológico

Os resíduos utilizados foram da espécie de *Cichla ocellaris*, conhecido popularmente como tucunaré (Figura 1A), cedidos gentilmente pela colônia de pescadores do Município de Petrolândia, Pernambuco, Brasil. Após a evisceração, resíduos sólidos (Figura 1B) descartados foram selecionados e tratados separadamente, a saber: intestino, fígado, estômago, coração e músculo para recuperação enzimática (Figuras 1B-C) e de pele para isolamento do colágeno e hidrólise pela collagenase extraída das vísceras de melhor desempenho collagenolítico.

A extração de proteases a partir dos resíduos viscerais e musculares de *C. ocellaris* foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Oliveira et al. (2017a). A razão de vísceras para tampão de extração (0,05 M de Tris-HCl, pH 7,5, contendo 5 mM de CaCl₂) foi de 1:5 (w/v). O método de extração e purificação parcial seguiu os passos sistemáticos (Figura 2) a partir dos quais as frações foram recolhidas para determinação de proteínas totais e atividade enzimática. Todas as vísceras recolhidas foram homogeneizadas separadamente durante 5 minutos em um homogeneizador ajustado a velocidade de 10,000-12,000 rpm (4°C) (IKA RW 20D S32, China).

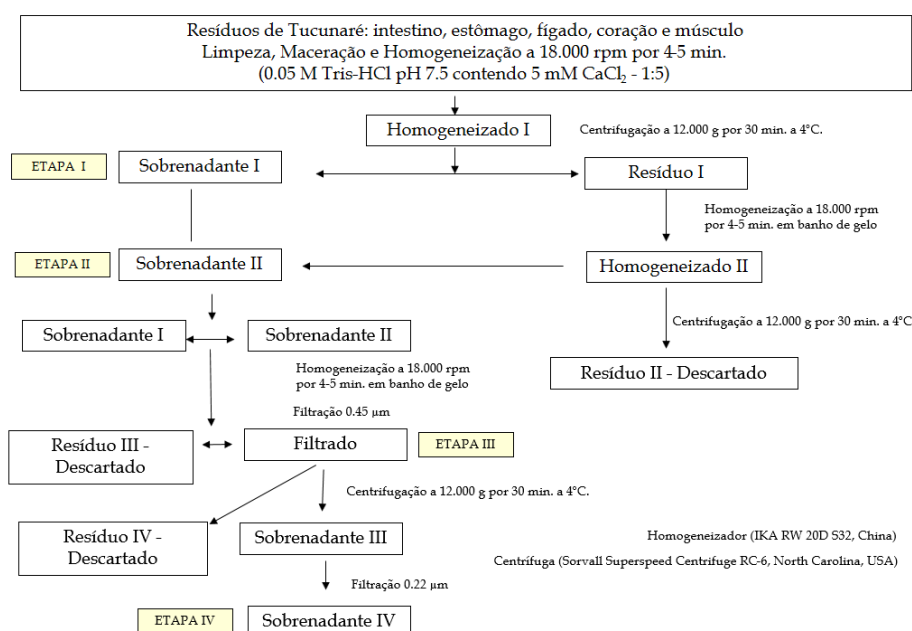
Figura 1. Resíduos do processamento de *Cichla ocellaris*.



Fonte: Acervo pessoal.

Etapas de extração e de purificação parcial das biomoléculas enzimáticas

Figura 2. Etapas de preparação extração e purificação parcial de biomoléculas enzimáticas.



Fonte: Teruel e Simpson (1995) e Oliveira et al. (2017a). Traduzido e Adaptado.

Determinação de proteínas totais

A concentração de proteína totais de todos os extratos brutos preparados com resíduos sólidos foi determinada de acordo com metodologia descrita por Smith et al. (1985).

Determinação da atividade collagenolítica

O ensaio collagenolítico foi realizado segundo Oliveira et al. (2017a), utilizando Azo dye-impregnated collagen - Azocoll (Sigma) como substrato. Uma mistura de reação, que contém 5 mg de azocoll, 500 μl de 50 mM Tris-HCl (pH 7,5) que continha CaCl_2 5 mM e 500 μl de extrato enzimático, foram incubados a 55°C durante 30 minutos, sob agitação constante e em quadruplicata. Posteriormente, foram adicionados 200 μl de ácido tricloroacético (TCA) e

incubadas para parar a reação. Após 10 minutos, as amostras foram centrifugadas (Centrífuga Sorvall Superspeed RC-6, Carolina do Norte, EUA) a 10.000 x g durante 10 minutos a 4°C. A leitura da amostra foi realizada com espectrofotômetro em um comprimento de onda de 595 nm. Uma unidade de enzima foi definida como a quantidade de enzima necessária para aumentar a absorção de 0,01 a 595 nm.

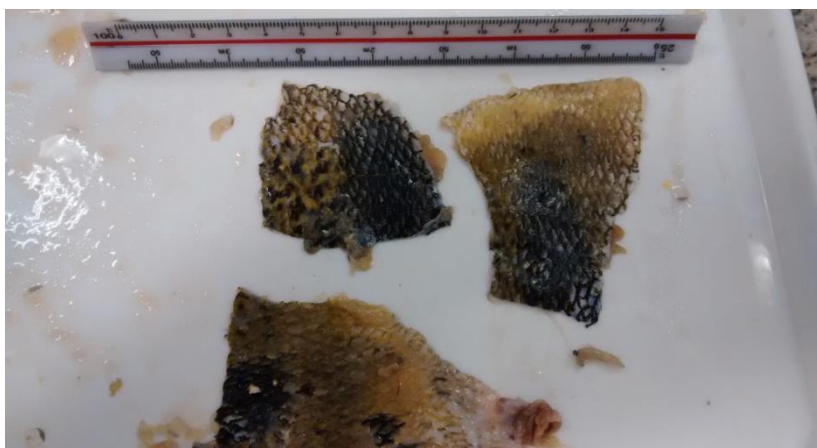
Determinação da atividade da tripsina e quimotripsina

A atividade das proteases foi determinada utilizando-se 170 µL de tampão Tris-HCl 0,05 M pH 7,5, 30µL de extrato enzimático (E.B.E.) e 30 µL de substrato específico, sendo N- α -benzoyl-DL-Arginina-p-nitroanilida (BApNA) e Suc-Phe-p-Nan (SApNA) para tripsina e quimotripsina, respectivamente. Após o período de incubação de 15 min., a absorbância das amostras foi mesurada no leitor de microplaca (xMarktm BIORAD) no comprimento de onda de 405 nm. Todas as análises foram realizadas em quadruplicata (OLIVEIRA et al., 2017b).

Pré-tratamento e isolamento do colágeno da pele

Para eliminar as proteínas não collagenosas, a pele de *C. ocellaris* (Figura 3) foi misturada com 0,2 M de NaOH em uma solução alcalina de pele 1:10 (w/v). A mistura foi continuamente agitada durante 3 horas a 4°C e a solução alcalina foi trocado a cada 30 minutos. A pele tratada foi então lavada com água destilada fria até um pH neutro ou fracamente básico da água de lavagem ser atingido. O pH da água de lavagem foi determinado utilizando um medidor de pH digital (Sartorius América do Norte, Edgewood, Nova Iorque, EUA). Em seguida, foi adicionado 10% de álcool sec-butílico, na proporção de 1:10 (w/v), para remover gorduras. A mistura foi continuamente agitada durante 6 h a 4°C e para posterior lavagem da pele, como descrito anteriormente. Em seguida, adicionou-se 3% de peróxido de hidrogênio a uma taxa de 1:10 (w/v) para o branqueamento da pele (SINGH et al., 2011; YOUSEF et al., 2017).

Figura 3. Pele de *Cichla ocellaris* para isolamento de colágeno.



Fonte: Acervo pessoal.

O colágeno foi preparado pelo método de Nagai e Suzuki (2000). O resíduo foi extraído com pepsina comercial, a proporção de pepsina/amostra foi de 1:20 (w/v) durante 3 dias. A solução viscosa resultante foi centrifugada a 20.000 g durante 30 min a 4°C. Os sobrenadantes do extrato foram combinados e salgandos por adição de NaCl para dar uma concentração final de 0,9 M, seguido de precipitação do colágeno por meio da adição de NaCl até à concentração final de 2,5 M em 1,5 M de Tris-HCl (pH 8,8). Depois de repousar durante a noite, o precipitado resultante foi recolhido por centrifugação a 20.000 g durante 60 min. e, em seguida, foi dissolvido em 10 volumes de ácido acético 0,5 M. A solução obtida foi dialisada contra 0,1 M ácido acético e subsequentemente com água destilada. O dialisado foi liofilizado e referido como o colágeno solúvel em pepsina (PSC) (SINGH et al., 2011; ZHANG et al., 2016; YOUSEF et al., 2017).

Hidrólise de colágeno pela enzima colagenolítica

A digestão do colágeno nativo isolado da pele de *C. ocellaris* foi realizada de acordo com Oliveira et al. (2017a). Uma mistura reacional contendo: 25 mg de colágeno, 5 mL de Tris-HCl 50 mM (pH 7,5, adicionado de CaCl₂ 5 mM) e 0,5 mL da enzima colagenolítica, foram incubados a 37 °C durante 12, 24, 36 e 48 horas. A reação foi parada por adição de 0,2 mL de ácido tricloroacético a 50%. Após 10 min. (temperatura ambiente), a solução foi centrifugada a 1.800 por 20 min. e o sobrenadante resultante (0,2 mL) foi misturado com 1,0 mL de uma solução de ninidrina, incubado a 100°C durante 20 min. e naturalmente arrefecido. Subsequentemente, a mistura foi diluída com 5 mL de 1-propanol a 50% para medição da absorção a 570 nm. Foi utilizado um tampão (50 mM Tris-HCl, pH 7,5, contendo 5 mM de CaCl₂), em vez de uma solução de enzima, como amostra em branco. A concentração de aminoácidos hidrolisados foi determinada por uma curva padrão de L-leucina. Uma unidade (U) de atividade enzimática foi definida como a quantidade de enzima necessária para a hidrólise de 1 mM de substrato por hora.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da investigação das vísceras e resquícios de músculo de *C. ocellaris*, foi possível recuperar atividade enzimática dos extratos brutos produzidos, como descritos (Tabela 1).

Tabela 1. Aproveitamento de resíduos sólidos do processamento de *C. ocellaris* para recuperação enzimática: etapas de pré-purificação/purificação parcial

Processo	Resíduos	Atividade de protease com BApNA (U/mg) ¹	Atividade de protease com Suc-Phe-p-Nan(U/mg) ²	Proteína total (µg/mL)	Atividade colagenolítica	
					Atividade volumétrica (U/mL)	Atividade específica (U/mg)
Etapa I	<i>Intestino</i>	9,89 ± 0,080	1,94 ± 0,123	1009,803	87,87 ± 0,046	45,49 ± 0,024
	<i>Fígado</i>	2,26 ± 0,044	1,75 ± 0,021	4019,607	51,4 ± 0,022	12,81 ± 0,005
	<i>Estômago</i>	0,86 ± 0,070	0,59 ± 0,032	3509,803	7,12 ± 0,022	2,03 ± 0,006
	<i>Coração</i>	1,78 ± 0,028	0,66 ± 0,020	9647,058	51,4 ± 0,043	12,81 ± 0,005
	<i>Músculo</i>	0,59 ± 0,043	0,34 ± 0,137	2401,960	11,35 ± 0,053	4,72 ± 0,022
Etapa II	<i>Intestino</i>	5,55 ± 0,025	0,87 ± 0,039	1794,117	68,17 ± 0,021	37,99 ± 0,011
	<i>Fígado</i>	2,20 ± 0,025	1,71 ± 0,150	4529,411	77,95 ± 0,036	17,24 ± 0,008
	<i>Estômago</i>	0,56 ± 0,082	0,50 ± 0,137	3794,117	7,02 ± 0,005	1,85 ± 0,001
	<i>Coração</i>	9,49 ± 0,025	9,98 ± 0,015	1147,058	7,17 ± 0,045	6,25 ± 0,039
	<i>Músculo</i>	2,47 ± 0,072	2,48 ± 0,063	1598,039	15,57 ± 0,051	9,79 ± 0,03
Etapa III	<i>Intestino</i>	7,88 ± 0,031	0,75 ± 0,218	1049,019	76,07 ± 0,071	72,52 ± 0,068
	<i>Fígado</i>	2,04 ± 0,026	1,74 ± 0,026	4911,764	77,5 ± 0,022	15,78 ± 0,004
	<i>Estômago</i>	0,80 ± 0,137	0,85 ± 0,053	3666,666	9,57 ± 0,020	2,61 ± 0,005
	<i>Coração</i>	17,4 ± 0,041	22,48 ± 0,032	450,980	5,05 ± 0,013	11,19 ± 0,030
	<i>Músculo</i>	0,91 ± 0,063	0,77 ± 0,057	4950,980	9,15 ± 0,010	1,84 ± 0,002
Etapa IV	<i>Intestino</i>	7,45 ± 0,01	0,93 ± 0,141	990,196	93,42 ± 0,027	94,35 ± 0,028
	<i>Fígado</i>	2,18 ± 0,028	1,50 ± 0,035	5872,549	90,65 ± 0,075	15,44 ± 0,004
	<i>Estômago</i>	0,80 ± 0,097	0,54 ± 0,128	4519,607	17,27 ± 0,014	3,83 ± 0,003
	<i>Coração</i>	21,53 ± 0,033	25,85 ± 0,027	431,372	26,4 ± 0,003	61,2 ± 0,007
	<i>Músculo</i>	1,15 ± 0,041	1,20 ± 0,065	2882,352	36,25 ± 0,020	12,58 ± 0,007

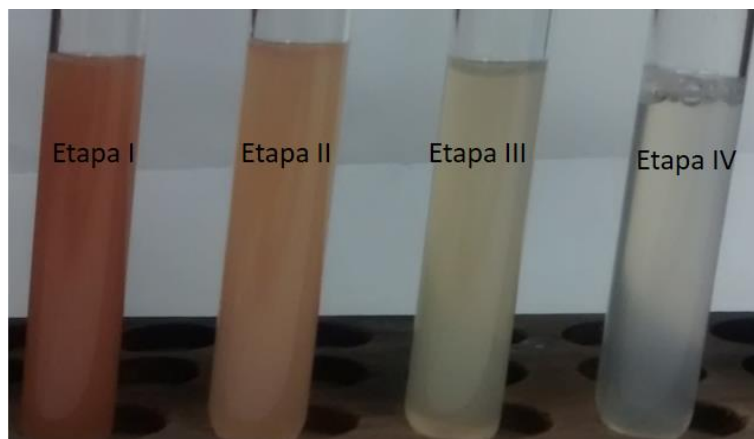
* Amostras de resíduos sólidos descartados do processamento de *C. ocellaris*: intestino (50,4 g), fígado (18,93), estômago (19,92 g), coração (1,19 g) e músculo (150,5 g),

¹Atividade de protease utilizando N α -benzoyl-DL-arginine-p-nitroanilide (BApNA) como substrato específico (tripsina)

² Atividade de protease utilizando Succinyl-DL-fenilalanina-p-nitroanilida (Suc-Phe-p-Nan) como substrato específico (quimotripsina)

A forma de extração objetivou reduzir os detritos e interferentes (Figura 4). O aumento subsequente da atividade enzimática pode ser devido justamente a eliminação desses interferentes, uma vez que no extrato bruto estão presentes outros tipos de biomoléculas e compostos, dependendo da víscera, como no caso das digestivas, muitas vezes ainda estão presentes traços do bolo alimentar.

Figura 4. Etapas de processamento para obtenção do material purificado parcialmente



Fonte: Acervo pessoal.

A recuperação da atividade de tripsina sugere esta espécie como uma fonte alternativa para o mercado comercial de enzimas, principalmente quando extraídas da víscera intestinal (etapas I-VI), fígado (etapas I-IV), coração (etapas II-IV) e resquícios de músculo (etapas II e IV). O extrato de coração (etapa IV) foi o que apresentou os melhores resultados, sugerindo a presença de uma tripsina-like, assim como a enzima testada no músculo e fígado (Tabela 1).

Não foram observados resultados significativos quando o substrato específico para tripsina foi testado no extrato bruto de estômago. Bioquimicamente, o pH ácido do estômago tende a desnaturar as proteases alcalinas, não sendo propício para esse tipo de enzima. Os dados para a atividade de tripsina evidenciam a potencialidade desses resíduos, corroborando com investigações com outras espécies de peixes marinhos e de água doce, como as descritas por Chong et al. (2002), Bezerra et al. (2005), Silva et al. (2011), Freitas-Junior et al. (2012), Cuenca-Soria et al. (2013), Costa et al. (2013), Guerrero-Zárate et al. (2014), Khangembam e Chakrabarti (2015) França et al. (2016), Oliveira et al. (2017b) e Klomklao e Benjakul (2018) para as espécies de *Symphysodon aequifasciatus* (0,79 U.mg⁻¹), *Oreochromis niloticus* (3,39 U.mg⁻¹), *Diapterus rhombeus* (1,81 U.mg⁻¹), *Arapaima gigas* (0,37 U.mg⁻¹), *C. urophthalmus* (0,52 U.mg⁻¹), *Caranx hippos* (0,9 U.mg⁻¹), *A. tropicus* (0,02 U.mg⁻¹), *Cirrhinus mrigala* (0,086 U.mg⁻¹), *Rachycentron canadum* (0,55 U.mg⁻¹), *Seriola dumerili* (1,46 U.mg⁻¹) e *Thunnus alalunga* (0,65 U.mg⁻¹), respectivamente.

Os resultados obtidos para o substrato específico da quimotripsina estão descritos (Tabela 1). Os dados mais significativos para os extratos produzidos a partir dos resíduos foram: intestino (etapa I), fígado (etapas I-IV), coração (etapas II-IV) e músculo (etapas II e IV). O melhor resultado da recuperação de quimotripsina foi com extratos de coração (etapa III e IV), indicando a presença de uma quimotripsina-like. Quimotripsina são endopeptidase membro da família de serinoproteases, armazenada no pâncreas de vertebrados e invertebrados na forma de um precursor, o quimotripsinogênio, ativada através de um efeito cascata a partir da ativação da tripsina no duodeno (OLIVEIRA et al., 2014).

Como uma das principais enzimas envolvidas na digestão de proteínas, quimotripsinas de organismos aquáticos já foram extraídas, isoladas e caracterizadas a partir de extrato bruto de

vísceras digestivas e/ou musculares de *S. aequifasciatus* (0,61 U.mg⁻¹, intestino) (CHONG et al., 2002), *Carassius auratus* (0,62 U.mg⁻¹, hepatopâncreas) (YANG et al., 2009), *C. urophthalmus* (0,8 U.mg⁻¹, vísceras internas) (CUENCA-SORIA et al., 2013), *Atractosteustropicus* (4,0 U.mg⁻¹, intestino) (GUERRERO-ZÁRATE et al., 2014) e *S. dumerili* (0,71 U.mg⁻¹, intestino) (OLIVEIRA et al., 2017b). Os resultados aqui descritos para *C. ocellaris* estão de acordo com os autores acima citados. Embora seja considerada uma enzima de alto custo, a quimotripsina é utilizada em aplicações analíticas e para fins diagnósticos. Também, é empregada na indústria alimentícia, nas etapas de amolecimento da carne, além da produção e remoção de proteínas do osso, para aumentar o valor nutricional das proteínas dos alimentos; na indústria de processamento de couro (ZHOU et al., 2011).

Os resultados da recuperação da atividade colagenolítica estão descritos (Tabela 1). Os resultados com intestino (em todas as etapas) indicaram grande potencialidade para o fornecimento deste tipo de enzima. Em ordem decrescente de utilização dos resíduos, intestino > fígado > coração > músculo > estômago podem ser reaproveitados após evisceração, uma forma de influenciar positivamente a economia do produtor aquícola. Propriedades colagenolíticas de origem aquática já foram reportados para espécies como *Pseudopleuronectes americanus* (3,82 U.mg⁻¹) (TERUEL e SIMPSON, 1995), *Thunnus thynnus* (16,5 U.mg⁻¹) (BYUN et al., 2002), *Novodon modestus* (114,15 U.mg⁻¹) (KIM et al., 2002), *Scomber japonicus* (16,5 U.mg⁻¹) (PARK et al., 2002), *S. dumerili* (42,4 U.mg⁻¹) (OLIVEIRA et al., 2017b) e *Cynoscion leiarchus* (22,0 e 28,36 U.mg⁻¹, intestino e músculo, respectivamente) (OLIVEIRA et al., 2017a).

Os resultados descritos neste trabalho vão de encontro aos realizados por Yoshinaka et al. (1978) quando investigaram a presença de collagenases em diferentes órgãos que compõem o sistema digestivo (fígado, estômago, intestino) de peixes, como *Sardinops melanosticta* (34,3 U.mg⁻¹ intestino), *Salmo gairdnerii* (2,8 e 36,8 U.mg⁻¹ de fígado e intestino, respectivamente), *Carassius langsdorfi* (4,8 e 7,2 U.mg⁻¹ de intestino anterior e posterior, respectivamente), carpa comum *Cyprinus carpio* (10,4 U.mg⁻¹ intestino posterior), *Parasilurus asotus* (1,4 e 3,1 U.mg⁻¹ fígado e intestino, respectivamente), *Anguilla japonica* (1,1 e 33,9 U.mg⁻¹ estômago e intestino, respectivamente), *Seriola quinquerdiota* (0,7 U.mg⁻¹ porção pilórica).

O colágeno foi isolado da pele de *C. ocellaris* com o objetivo de testar o potencial de hidrólise da enzima. O rendimento do colágeno pode variar dependendo do tipo de extração, do tecido envolvido e das condições biológicas da espécie (NAGAI e SUZUKI, 2000; CHEN et al., 2016; ZHANG et al., 2016). A diferença na eficácia da pepsina na extração de colágeno pode ser determinada por espécies de peixes, composição e configuração do colágeno ou quantidade de pepsina utilizada. Assim, o rendimento está relacionado ao tipo de peixe, à estrutura na qual o colágeno foi extraído e ao tipo de método de extração utilizado (ZHANG et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017d).

A enzima colagenolítica intestinal foi capaz de clivar o colágeno nativo a partir de 24 horas de incubação. O menor tempo de clivagem não foi detectado, mas atingiu seu pico em 48 horas de incubação. O teste de especificidade enzimática usando collagenase extraída de peixes já foi reportado por Teruel e Simpson (1995) para *Pseudopleuronectes americanus*, Park et al. (2002) para *Scomber japonicus*, Herreiro-Hernandez et al. (2003) para *Gadus morhua* e Oliveira et al. (2017a) para *Cynoscion leiarchus*. Uma vez que uma enzima colagenolítica age degradando os tipos de colágeno, é provável que outras proteases possam continuar o processo (HERREIRO-HERNANDEZ et al., 2003), como tripsina e quimotripsina (TERUEL e SIMPSON, 1995; OLIVEIRA et al., 2017a). Os fragmentos formados pela clivagem são designados de “peptídeos de colágeno” (LIMA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2017d), podendo apresentar funções antibacterianas e antioxidantes (LIMA et al., 2015).

CONCLUSÃO

Resíduos sólidos de *C. ocellaris* foram reaproveitados e purificados parcialmente para recuperação das atividades enzimáticas e de isolamento de colágeno para hidrólise e geração de

peptídeos. Todas as vísceras apresentaram potencialidade para um determinado tipo de protease alcalina verificada (tripsina, quimotripsina e/ou colagenase), exceto o estômago, muito devido as suas condições de manutenção. A enzima colagenolítica intestinal foi capaz de clivar o colágeno isolado da pele e produzir peptídeos a partir de 24 horas de exposição. Assim, é viável a utilização dos subprodutos negligenciados para extração de biomoléculas proteicas como forma alternativa para uso biotecnológico, para agregar valor ao produto da pesca e como auxiliar em planos de tratamento de resíduos em políticas de gestão.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. P. N. N.; VERDE, M. E. Q. L.; FERREIRA JUNIOR, A. E. C.; SILVA, P. G. B.; FEITOSA, V. P.; LIMA JÚNIOR, E. M.; MIRANDA, M. J. B.; MORAES FILHO, M. O. Avaliação microscópica, estudo histoquímico e análise de propriedades tensiométricas da pele de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Queimaduras**, v. 14, p.203-210, 2015.
- BEZERRA, R. S.; LINS, E. J. F.; ALENCAR, R. B.; PAIVA, P. M. G.; CHAVES, M. E. C.; COELHO, L. C. B. B.; CARVALHO JUNIOR, L. Alkaline proteinase from intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Process Biochemistry**, v. 40, p.1829–1834, 2005.
- BEZERRA, R. S.; BUARQUE, D. S.; AMARAL, I. P. G.; CASTRO, P. F.; ESPÓSITO, T. S.; CARVALHO JUNIOR, L. B. **Propriedades e aplicações biotecnológicas das proteases de vísceras de peixes**. In: POSSEBON CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. (Org.). AquaCiência 2004 Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura. Campinas, SP: Artpoint Produção Gráfica, p.2061 – 2752006.
- BOUGATEF, A. Trypsin's from fish processing waste: characteristics and biotechnological applications comprehensive review. **Journal of Cleaner Production**, v. 57, p 257–265, 2013.
- BYUN, H. G.; PARK, P. J.; SUNG, N. J.; KIM, S. K. Purification and characterization of a serine proteinase from the tuna pyloric caeca. **Journal of Food Biochemistry's**, v. 26, p. 479–494, 2002.
- CASTILLO-YAÑEZ, F. J.; PACHECO-AGUILAR, R.; LUGOSANCHEZ, M. E.; GARCIA-SANCHEZ, G.; QUINTERO REYES, I. E. Biochemical characterization of an isoform of chymotrypsin from the viscera of Monterey sardine (*Sardinops sagax caerulea*) and comparison with bovine Chymotrypsin. **Food Chemistry**, v. 112, p.634–639, 2009.
- CHEN, J.; LI, L.; YI, R.; XU, N.; GAO, R.; HONG, B. Extraction and characterization of acid-soluble collagen from scales and skin of tilapia (*Oreochromis niloticus*). **LWT - Food Science and Technology**, v.66, p.453–459, 2016.
- CHONG, A. S. C.; HASHIM, R.; CHOW-YANG, L.; ALI, A. B. Partial characterization and activities of proteases from the digestive tract of discus fish (*Symphysodon aequifasciata*). **Aquaculture**, v. 203, p.321–333, 2002.
- COSTA, H. M. S.; FREITAS JUNIOR, A. C. V.; AMARAL, I. P. G.; HIRATA, I. Y.; PAIVA, P. M. G.; CARVALHO JUNIOR, L.B.; BEZERRA, R.S. Metal-sensitive and thermostable trypsin from the crevalle jack (*Caranx hippos*) pyloric caeca: purification and characterization. **Chemistry Central Journal**, v. 7, p.1–8, 2013.
- CUENCA-SORIA, C. A.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C. A.; ORTIZ-GALINDO, J. L.; NOLASCO-SORIA, H.; TOVAR-RAMÍREZ, D.; GUERRERO-ZÁRATE, R.; CASTILLO-DOMÍNGUEZ, A.; PERERA-GARCÍA, M. A.; HERNÁNDEZ-GÓMEZ, R.; GISBERT, E. Partial characterisation of digestive proteases of the Mayan cichlid *Cichlasoma urophthalmus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 40, p.689–699, 2014.
- DABOOR, S. M.; BUDGE, S.M.; GHALY, A. E.; BROOKS, M. S.; DAVE, D. Extraction and Purification of Collagenase Enzymes: A Critical Review. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology**, v. 6, p.239-263. 2010.

DABOOR, S. M.; BUDGE, S. M.; GHALY, A. E.; BROOKS, M. S.; DAVE, D. Isolation and activation of collagenase from fish processing waste. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v. 3, p.191–203, 2012.

ESPÓSITO, T. S.; AMARAL, I. P. G.; BUARQUE, D. S.; OLIVEIRA, G. B.; CARVALHO JUNIOR, L. B.; BEZERRA, R.S. Fish processing waste as a source of alkaline proteases for laundry detergent. **Food Chemistry**, v. 112, p.125–130, 2009.

FAO. Yearbook annuaire. **Fishery and Aquaculture Statistics**, p.105., 2014b.

FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L.; SPILLER, V. R. Alternatives for adding value for the fish processing wastes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p.669–677, 2010.

FRANÇA, R. C. P.; ASSIS, C. R. D.; SANTOS, J. F.; TORQUATO, R. J. S.; TANAKA, A. S.; HIRATA, I. Y.; ASSIS, D. M.; JULIANO, M. A.; CAVALLI, R. O.; CARVALHO JUNIOR, L. B.; BEZERRA, R. S. Bovine pancreatic trypsin inhibitor immobilized onto sepharose as a new strategy to purify a thermostable alkaline peptidase from cobia (*Rachycentron canadum*) processing waste. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part B**, v.1033-1034, p.210-217, 2016.

FREITAS-JUNIOR, A. V. C.; COSTA, H. M. S.; ICIMOTO, M. Y.; HIRATA, I. Y.; MARCONDES, M.; CARVALHO JUNIOR, L. B.; OLIVEIRA, V.; BEZERRA, R. S. Giant Amazonian fish arapaima (*Arapaima gigas*): its viscera as a source of thermostable trypsin. **Food Chemistry**, v. 133, p.1596–1602, 2012.

FREIRE, M. A. S.; MORAES, F. M. Análise econômica da poluição com resíduos do sururu (*Mytella falcata*, orbigny, 1846): uma tragédia dos campos comuns na Ilha de Deus?. In: EL-DEIR, S. G.; PINHEIRO, S.M.G.; AGUIAR, W.J. (Org.) Resíduos sólidos: práticas para uma gestão sustentável. **1ª ed. Recife: EDUFPE, p.486-495, 2016.**

GODDARD, J. S.; PERRET, J. S. M. Co-drying fish silage for use in aquafeeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 118, p. 337–342, 2005.

GOOSEN, N. J.; FRANCOIS DE WET, L.; GÖRGENS, J. F.; JACOBS, K.; BRUYN, A. Fish silage oil from rainbow trout processing waste as alternative to conventional fish oil in formulated diets for Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 188, p.74–84, 2014.

GUERRERO-ZÁRATE, R.; ALVAREZ-GONZÁLEZ, A. C.; OLVERA-NOVOA, M. A.; PERALES-GARCÍA, N.; FRÍAS-QUINTANA, C. A.; MARTÍNEZ-GARCÍA, R.; CONTRERAS-SÁNCHEZ, W.M. Partial characterization of digestive proteases in tropical gar *Atractosteus*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 40, n. 4, p.1021–1029, 2014.

HERNANDEZ-HERRERO, M. M.; DUFLOS, G.; MALLE, P.; BOUQUELET, S. Collagenase activity and protein hydrolysis as related to spoilage of iced cod (*Gadus morhua*). **Food Research International**, v.36, n.2, p.141–147, 2003.

KHANGEMBAM, B. K.; CHAKRABARTI, R. Trypsin from the digestive system of carp *Cirrhinus mrigala*: Purification, characterization and its potential application. **Food Chemistry**, v. 175, p.386–394, 2015.

KIM, S. K.; PARK, P. J.; KIM, J. B.; SHAHIDI, F. Purification and characterization of a collagenolytic protease from the filefish, *Novodon modestus*. **Journal of biochemistry and molecular biology**, v. 335, p.165–171, 2002.

KLOMKLAO, S.; BENJAKUL, S. Two trypsin isoforms from albacore tuna (*Thunnus alalunga*) liver: Purification and physicochemical and biochemical characterization. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 107, p.1864–1870, 2018.

LIMA, L. K. F. **Reaproveitamento de Resíduos Sólidos na Cadeia Agroindustrial do Pescado**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, p.28, 2013.

- LIMA, E. M. Tecnologias inovadoras: uso da pele da tilápia do Nilo no tratamento de queimaduras e feridas. **Revista Brasileira de Queimaduras**, v. 16, n.1, p.1-2, 2017.
- LIMA, C. A.; FREITAS JUNIOR, A. C. V.; LIMA FILHO, J. L.; CONVERTI, A.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M. G.; PORTO, A. L. F. Two-phase partitioning and partial characterization of a collagenase from *Penicillium aurantiogriseum* URM4622: Application to collagen hydrolysis. **Biochemical Engineering Journal**, v.75, p.64-71, 2013.
- LIMA, C. A.; CAMPOS, J. F.; LIMA FILHO, J. L.; CONVERTI, A.; CARNEIRO DA CUNHA, M. G.; PORTO, A. L. F. Antimicrobial and radical scavenging properties of bovine collagen hydrolysates produced by *Penicillium aurantiogriseum* URM 4622 collagenase. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, n.7, p.4459-66, 2015.
- LIMA-JUNIOR, E. M.; PICOLLO, N. S.; MIRANDA, M. J. B.; RIBEIRO, W. L. C.; ALVES, A. P. N. N.; FERREIRA, G. E.; PARENTE, E. A.; MORAES-FILHO, M. O. Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. **Revista Brasileira de Queimaduras**, v. 16, p.10-7, 2017.
- LINO, L. H. S.; ROBERTO, N. A.; BEZERRA, R. S.; OLIVEIRA, V. M.; PORTO, A. L. F. Aproveitamento dos subprodutos de cavala (*Scomberomorus cavala*) para obtenção de proteases digestivas: temperatura ótima e termoestabilidade. **Revista Saúde & Ciência Online**, v.3, p.305-311, 2014.
- MARCUSCHI, M.; ESPÓSITO, T. S.; MACHADO, M. F. M.; HIRATA, I. Y.; MACHADO, M. F. M.; SILVA, M. V.; CARVALHO JUNIOR, L. B.; OLIVEIRA, V.; BEZERRA, R. S. Purification, characterization and substrate specificity of a trypsin from the Amazonian fish tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 396, p.667–673, 2010.
- MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. 129p., 2013.
- MUYONGA, J. H.; COLE, C. G. B.; DUODU, K. G. Characterisation of acid soluble collagen from skins of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). **Food Chemistry**, v. 85, p.81–89, 2004.
- NAGAI, T.; SUZUKI, N. Isolation of collagen from fish waste material—skin, bone and fins. **Food Chemistry**, v.68, n.3, p.277-281, 2000.
- OLIVEIRA, V. M.; ASSIS, C. R. D.; BEZERRA, R.S. Fish digestive hydrolase: biochemical, physiological and biotechnological aspects. **REB, Revista Eletrônica de Biologia**, v. 7, n. 3, p.330–341, 2014.
- OLIVEIRA, V. M.; ASSIS, C. R. D.; HERCULANO, P. N.; CAVALCANTI, M. T. H.; BEZERRA, R. S.; PORTO, A. L. F. Collagenase from smooth weakfish: extraction, partial purification, characterization and collagen specificity test for industrial application. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.43, n.1, p.52–64, 2017a.
- OLIVEIRA, V. M.; NASCIMENTO, T. P.; ASSIS, C. R. D.; BEZERRA, R. S.; PORTO, A. L. F. Study on enzymes of industrial interest in digestive viscera: Greater amberjack (*Seriola dumerili*). **Journal of Coastal Life Medicine**, v. 5, n. 6, p.233-238, 2017b.
- OLIVEIRA, V. M., CARNEIRO CUNHA, M. N.; ASSIS, C. R. D.; NASCIMENTO, T. P.; HERCULANO, P. N.; CAVALCANTI, M. T. H.; PORTO, A. L. Collagenases de pescado e suas aplicações industriais. **Pubvet**, v.11, n.3, p.243-255, 2017c.
- OLIVEIRA, V. M., CARNEIRO CUNHA, M. N.; NASCIMENTO, T. P.; ASSIS, C. R. D.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Collagen: general characteristics and production of bioactive peptides - a review with emphasis on byproducts of fish. **ActaFish**, v.5, n.2, p.70-82, 2017d.
- PARK, J. P.; LEE, S. H.; BYUN, H. G.; KIM, S. H.; KIM, S. K. Purification and characterization of a collagenase from the mackerel, *Scomber japonicus*. **Journal of biochemistry and molecular biology**, v. 35, p.576–582, 2002.

- PEREIRA, L. A.; ROCHA, R. M. A maricultura e as bases econômicas, social e ambiental que determinam seu desenvolvimento e sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, v.18, n.3, p.41-54, 2015.
- POLYCARPO, J. S. M.; SANTOS JUNIOR, M. A.; BELTRAME, L. T. C. Alternativas para o uso dos resíduos da maricultura. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; **El-Deir, S. G. (Orgs.). Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, p.79-86, 2018,**
- SILVA, J. F.; ESPOSITO, S. T.; MARCUSCHI, M.; RIBEIRO, K.; CAVALLI, R. O.; OLIVEIRA, V.; BEZERRA, R. S. Purification and partial characterization of a trypsin from the processing waste of the silver mojarra (*Diapterus rhombeus*). **Food Chemistry**, v. 129, p.777–782, 2011.
- SILVA, J. F. X.; RIBEIRO, K.; SILVA, J. F.; CAHÚ, T. B.; BEZERRA, R. S. Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolysate. **Animal Feed Science and Technology**, v. 196, p.96–106, 2014.
- SMITH, P. K.; KROHN, R. I.; HERMANSON, G. T.; MALLIA, A. K.; GARTNER, F. H.; PROVENZANO, M. D.; FUJIMOTO, E. K.; GOEKE, N. M.; OLSON, B. J.; KLENK, D. C. Measurement of protein using bicinchoninic acid. **Analytical Biochemistry**, v. 150, n. 1, p.76–85, 1985.
- SINGH, P.; BENJAKUL, S., MAQSOOD, S.; KISHIMURA, H. Isolation and characterization of collagen extracted from the skin of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). **Food Chemistry**, v.124, p.97-105, 2011.
- TERUEL, S. R. L.; SIMPSON, B. K. Characterization of the collagenolytic enzyme fraction from winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**, v. 112, p. 131–136, 1995.
- VIEGA, M. C. M.; MOURA, J. R.; SANTOS, G.; COSTA, W. M. Capacitação em aproveitamento de resíduos de pesca (Escamas e Conchas) no programa social do chapéu de palha. In: EL-DEIR, G.S.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, p.190-202, 2015a,**
- VIEGA, M. C. M.; MOURA, J. R.; VIDAL, J. M. A.; COSTA, W. M. Oficinas de artesanato com resíduos de pescado em duas comunidades pesqueiras de Pernambuco. In: EL-DEIR, G.S.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, p.295-303, 2015b,**
- VIDOTTI, R. M.; LOPES, I. V. Resíduos orgânicos gerados na piscicultura. **Pesquisa & Tecnologia**, v.13, n.2, p.1-6, 2016.
- VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, G. S. Produção e caracterização de solagem e óleo de Tilápia e sua utilização na alimentação animal. **Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio do Pescado Continental Industrial de Pesca – APTA – SAA. São José do Rio Preto, SP, Brasil, 2006.**
- WU, G. P.; CHEN, S. H.; LIU, G. M.; YOSHIDA, A.; ZHANG, L. J.; SU, W. J.; CAO, M. J. Purification and characterization of a collagenolytic serine proteinase from the skeletal muscle of red sea bream (*Pagrus major*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B**, v. 155, p.281–287, 2010.
- ZHANG, Q.; WANG, Q.; LV, S.; LU, J.; JIANG, S.; REGENSTEIN, J.M.; LIN, L. Comparison of collagen and gelatin extracted from the skins of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Food Bioscience**, v.13, p.41-48, 2016.
- ZHOU, L.; BUDGE, S. M.; GHALY, A. E.; BROOKS, M. S.; DAVE, D. Extraction, Purification and characterization of fish chymotrypsin: A Review. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology**, v. 7, p.104–123, 2011.
- YANG, F.; SU, W. J.; LU, B. J.; WU, T.; SUN, L. C.; HARA, K.; CAO, M. Purification and characterization of chymotrypsins from the hepatopancreas of crucian carp (*Carassius auratus*). **Food Chemistry**, v. 116, p.860–866 2009.

YOSHINAKA, R.; SATO, M.; IKEDA, S. Distribution of collagenase in the Digestive of some teleost. **Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish**, v. 44, p.26–267, 1978.

YOUSEF, M.; ARIFFIN, F.; HUDA, M. An alternative source of type I collagen based on by-product with higher thermal stability. **Food Hydrocolloids**, v.63, p.372-382, 2017.

2.3. PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS EM DIFERENTES FONTES DE CARBONO PELA BACTÉRIA *Gluconacetobacter hansenii*

SOUZA, Karina Carvalho

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Karinacar_souza@hotmail.com

VASCONCELOS, Grazielly Maria Didier

Universidade Federal de Pernambuco
graziellydidier@gmail.com

MARQUES, Olga Martins

UFPE
olgamarques@gmail.com

VINHAS, Glória Maria

UFPE
gmvinhas@yahoo.com.br

RESUMO

A celulose, polissacarídeo de origem vegetal, é um biopolímero bastante abundante encontrado na natureza e portanto de grande valia para ciência dos materiais. Nesse sentido, sua produção a partir de fontes alternativas se torna cada vez mais necessária, sendo então introduzido o estudo da celulose produzida por micro-organismos, chamada de Celulose Bacteriana(CB). Diante disso, o presente trabalho teve como principal objetivo a produção de biopolímeros utilizando a bactéria *Gluconacetobacter hansenii* (ATCC - 23769) em diferentes fontes de carbono (Glicose e Manitol), bem como, fazer uma análise comparativa em relação a eficiência das mesmas frente ao crescimento microbiano. Foram preparados dois tipos de meios: Hestrin modificado (Glicose e Manitol como fontes de carbono), feito isso, os polímeros foram retirados em diferentes tempos, tratados com NaOH 0,1M e secos a -2°C em placas de Petri. Ao final dessa etapa, cada CB foi pesada a fim de comparações com relação a concentração em função do tempo de incubação, e da fonte de carbono utilizada. Ao término do estudo, obteve-se uma produção máxima de 2,50 g L⁻¹ de CB em 312 horas de incubação utilizando o Manitol como fonte de carbono.

PALAVRAS-CHAVE: Celulose, glicose, manitol.

INTRODUÇÃO

A celulose, representada pela forma $(C_6H_{10}O_5)_n$, é um polissacarídeo que consiste de unidades de β -D-glicopiranosos conectadas entre si através de ligações β -1,4-glicosídicas. Ela pode ser encontrada em diferentes formas de vida como em plantas verdes, fungos, protozoários e procariontes. Além disso, ela apresenta grande atuação na indústria através da produção de papel, plásticos, fármacos, e tecidos os quais exigem grande demanda de suas matérias-primas principais, como o algodão e a madeira (DONINI et al., 2010; GOMES et al., 2013).

O crescimento populacional está ligado ao aumento das taxas de consumo, aumentando assim o uso de matérias-primas e consequentemente a geração de resíduos sólidos (SANTOS, 2018). De acordo com os dados da Associação Brasileira de Celulose e Papel, em 2013, no período de janeiro a dezembro, o Brasil produziu 15,029 milhões de toneladas de celulose, um aumento de 7,3% comparado com o mesmo período em 2012 e 10,444 milhões de toneladas de papel, um aumento de 1,6%. Essa produção demandou cerca de 7,2 milhões de hectares de árvores plantadas de eucalipto, pinus e demais espécies (acácia, araucária, paricá e teca) (BRASIL, 2013).

Nesse sentido, a produção de biopolímeros a partir de fontes alternativas se torna cada vez mais necessária, sendo então, introduzido o estudo à celulose produzida por micro-organismos, chamada de Celulose Bacteriana (VIEIRA, 2013). Essa possui estrutura similar a celulose vegetal, porém difere no grau de polimerização e também pela produção de fibras mais estáveis e resistentes, dada pela sua estrutura reticular ultrafina, alta cristalinidade, força de tensão, elasticidade e durabilidade (SANTOS, 2017). Ela também possui grande capacidade de retenção de líquidos, propriedade importante para aplicações médicas, engenharia de tecidos, e entre outras aplicações no setor industrial (ALMEIDA et al., 2013).

Contudo, apesar desse enorme potencial de aplicação, o baixo rendimento do processo de produção torna a celulose bacteriana um polímero ainda comercialmente caro e com aplicações restritas, tendo seu potencial para transformação em produto de alto valor biotecnológico pouco explorado (SAXENA; BROWN, 2005 apud RECOUVREUX et al., 2008; CZAJA et al., 2006; CZAJA et al., 2007).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Celulose Bacteriana

A celulose microbiana é um homopolissacarídeo produzido por várias espécies de bactérias, tais como os dos gêneros *Gluconacetobacter* (HUANG et al., 2014). A primeira evidência documentada de produção da celulose bacteriana foi elaborada por Adrian Brown em 1886, que observou a formação de um material gelatinoso formado na superfície de uma fermentação de vinagre (BROWN, 1886). Após análises do material pôde-se afirmar que se tratava de celulose produzida por bactérias da espécie *Acetobacter xylinum* (RANGASWAMY et al., 2015).

Esse biopolímero possui características bastante desejáveis, por ser quimicamente inerte, biodegradável e absorvente de líquidos. É um material de vasta aplicabilidade nas indústrias têxtil, biomédica e de alimentos, podendo ser uma ótima alternativa para substituir sacolas feitas com plástico convencional (ALVES, et al., 2017). Além de que, enquanto a celulose vegetal precisa de tratamentos complexos, caros e altamente poluentes para sua purificação a partir da remoção de lignina e da hemicelulose, o processo produtivo de CB é muito simples (BROWN; SAXENA; KUDLICKA, 1996).

A seguir é feito um comparativo entre as celulosas vegetal e bacteriana, apresentando em números as principais diferenças (Quadro 1). As diferenças em suas propriedades químicas, físicas e mecânicas, podem ser explicadas pela morfologia e disposição das fibras das celulosas bacteriana e vegetal que são micro e manométricas, respectivamente (PECORADO, et al., 2009). A estrutura da CB se baseia na combinação de moléculas de celulose que formam uma rede de microfibras conectadas por ligações de hidrogênio (MOHITE, PATIL, 2014). Esse polissacarídeo

cujos monômeros são dispostos de forma que as moléculas de glicose ficam rotacionadas 180° entre si, possui estrutura molecular representada pela cadeia β -D-glicopiranosose. A união dessas moléculas gera uma estrutura tridimensional que constitui um sistema de nanofibras orientadas uniaxialmente, que macroscopicamente se apresenta em forma cristalina (65 a 80%) conferindo maior resistência mecânica comparada à celulose vegetal (CZAJA et al., 2006).

Quadro 2. Comparativo das propriedades das celuloses vegetal e bacteriana.

Propriedades	Celulose vegetal	Celulose bacteriana
Cristalinidade	56 – 65%	65 – 79%
Grau de polimerização	300 – 1700	800 – 1000
Comprimento das fibras	1,4 – 4,0 x 10 ⁻² mm	70 – 80 mm
Módulo de Young	5,5 – 12,6 GPa	15 – 30 GPa
Conteúdo de água	60%	98,5%

Fonte: KLEMM, et al., (2005) e PECORADO, et al., (2009).

Dentre as principais aplicações da CB estão na indústria alimentícia (nata-de-coco); na indústria de cosméticos como estabilizador de emulsões; na indústria têxtil; em tratamento de resíduos na reciclagem de óleos vegetais; na medicina como vasos sanguíneos artificiais e pele artificial temporária para queimaduras (BARUD, 2010); na área de comunicação como diafragma de fones de ouvido; na indústria de papel; em laboratórios para imobilização de proteínas celulares; em técnicas cromatográficas; na mineração e refinarias para coleta de vazamento de óleo e absorção de toxinas. São inúmeras as aplicações e vantagens da celulose bacteriana frente à celulose vegetal, que fazem com que o interesse pelo estudo desse material só aumente (DONINI, 2011; PAXIMADA et al., 2016; CAMPANO et al., 2016).

O micro-organismo

Dentre os micro-organismos capazes de produzir celulose bacteriana, a espécie *Gluconacetobacter xylinum* é a mais utilizada (EL-SAIED et al., 2008), por sua capacidade de produzir celulose em diferentes fontes de nitrogênio e carbono (LEE et al., 2014).

Diferente do primeiro micro-organismo, o presente trabalho, utilizou a espécie *Glucanacetobacter hansenii*, ou simplesmente *G. hansenii*, que é uma bactéria gram negativa, aeróbica estrita, pertencente ao gênero *Gluconacetobacter*, que realiza oxidação incompleta de diversos açúcares e álcoois (COSTA et al., 2017). Esse micro-organismo produz uma membrana de celulose na interface líquido-ar do meio de cultivo, o que facilita sua respiração e sobrevivência (KLEMM et al., 2005; COSTA et al., 2017). Apresenta-se na forma de bastonetes retos ou ligeiramente curvos e alongados com tamanhos que variam entre 0,6 e 0,8·10⁻⁴μm. Não fotossintéticas e tolerantes a condições ácidas (pH abaixo de 5), possuem temperatura ótima para crescimento entre 15 e 34°C mas não resistem a temperaturas acima de 65 °C (KLEMM et al., 2005).

A celulose bacteriana produzida por essa espécie pode ser obtida em laboratório utilizando meios de cultura tanto em meio sólido ou líquido (DONINI, 2011). A síntese de celulose por *G. xylinus* se dá a partir da glicose transportada do meio externo para o citoplasma da bactéria ou de fontes internas (DONINI et al., 2010). A conversão da glicose transportada do meio externo para o citoplasma bacteriano é catalisada por quatro enzimas: Glicoquinase, a UDPG-pirofosforilase, e a Celulose Sintase (CS) que produz a celulose a partir de UDP-glicose (PICCHI, 2010; DONINI et al., 2010). O filme produzido é encontrado na forma de hidrogel que toma a forma do recipiente onde foi desenvolvido, geralmente com alta cristalinidade, resistência a tração, elasticidade, elevada capacidade de absorção e retenção de água (DONINI et al., 2010; DONINI, 2011).

METODOLOGIA

Para a produção dos biopolímeros por *G. hansenii* em Meio Hestrin e Meio de Manitol, dentre as vidrarias utilizadas, têm-se: 10 tubos de ensaio; 30 Erlenmeyer (125mL); 2 Erlenmeyer (500mL); pipetas graduadas (10mL), pipetas volumétricas (1mL); placas de Petri e funil de vidro. Estes materiais foram esterilizados durante 15 a 20 minutos em autoclave da marca Prismatec e modelo CS a 121°C e 1atm.

Micro-organismo

O micro-organismo *Gluconacetobacter hansenii* utilizado para a realização dos experimentos é classificado como uma linhagem de referência ATCC (*American Type Culture Collection*, USA) pela Coleção de Culturas Tropical – CCT.

Meio Para Conservação da Cultura

O meio de cultura utilizado para a conservação da bactéria foi o Hestrin modificado. O mesmo foi preparado com a seguinte composição: Glicose ($C_6H_{12}O_6$ 30 g L⁻¹), Peptona 5 g L⁻¹, Extrato de levedura 5 g L⁻¹, Fosfato dissódico ($Na_2HPO_4 \cdot H_2O$ 5,1 g L⁻¹), Ácido cítrico ($C_6H_8O_7$ 1,15 g L⁻¹), Agar (18 g L⁻¹) e Água. O pH do meio foi corrigido para o intervalo de 5 a 6 utilizando-se soluções de ácido cítrico concentrado e/ou de hidróxido de sódio 0,1M. Por fim, os meios foram esterilizados em autoclave vertical (marca Prismatec e modelo CS), de 15 a 20 minutos a 121°C e 1 atm.

O meio de cultura solidificado fundido e também esterilizado foi transferido, de forma asséptica, para cerca de 10 tubos de ensaio, que permaneceram inclinados para que o meio de cultura, ao esfriar, obtivesse uma maior área superficial. Com auxílio de uma alça de platina, foram coletadas de um tubo de ensaio, com a cultura microbiológica obtida comercialmente, pequenas quantidades da cultura a ser repicada e depositadas em movimentos de ziguezague sobre a superfície do meio. Por fim, os tubos foram incubados em estufa à temperatura ambiente por 7 dias para propiciar o crescimento das bactérias.

Preparação do Inóculo

Dois inóculos foram preparados em frascos de Erlenmeyer (500 mL), ambos contendo 200 mL de meio Hestrin (Glicose 30 g L⁻¹, Peptona 5 g L⁻¹, Extrato de levedura 5 g L⁻¹, Fosfato dissódico 5,1 g L⁻¹, Ácido cítrico 1,15 g L⁻¹ e Água destilada) e Meio de Manitol (Manitol 25 g L⁻¹, Peptona 3 g L⁻¹, Extrato de levedura 5 g L⁻¹ e Água destilada). Para cada meio do inóculo, foram transferidas três alçadas de bactérias crescidas conforme o item acima e finalmente incubados por 3 dias a 30°C.

Produção dos biopolímeros

Para a realização do estudo foram preparados 1,5 L de meios Manitol e Hestrin, que foram distribuídos em 30 Erlenmeyers para cada meio, com volume útil de 50 mL. Os Erlenmeyer contendo os meios de cultura foram esterilizados em autoclave vertical da marca Prismatec e modelo CS durante 15 min a 121°C e 1 atm.

Do inóculo previamente preparado, tomaram-se 5 mL (10%) que foram transferidos para cada um dos 30 Erlenmeyers, os quais foram incubados por um período de 14 dias com coletas diárias em duplicata.

As coletas das membranas formadas e dos respectivos meios líquidos, eram realizadas por filtração. Os filtros utilizados foram definidos de acordo com a quantidade de filme produzido. Para os primeiros três dias de coleta o filtro usado era de papel de faixa branca da marca Schleicher&Schüll com 125mm de diâmetro. Para os pontos do quarto dia em diante foram utilizados cortes circulares de pano multiuso da marca Scotch-Brite cuja composição baseia-se em 70% de viscose, 30% de poliéster e pigmento.

Recuperação de Celulose

Após recuperadas por processo de filtração as membranas de celulose foram tratadas com 10 mL de solução de NaOH (0,1M) em banho maria a 80°C por 20 minutos. Ao final, cada biopolímero foi lavado com água destilada e encaminhado em placa de Petri para um freezer a -2°C, onde ficaram reservados até que secassem, facilitando sua retirada do filtro. Após seco, cada biopolímero foi posto em dessecador para armazenamento e estabilização de sua massa (por pesagem).

Microscopia Óptica

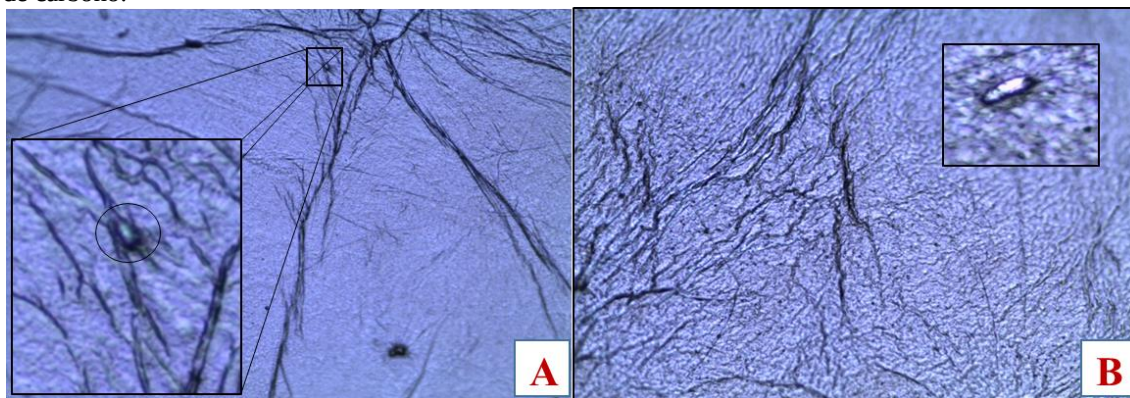
Para a obtenção de mais detalhes morfológicos da superfície da membrana celulósica utilizou-se um microscópio LEICA DM750 no Laboratório de Materiais Poliméricos e Caracterização do Departamento de Engenharia Química – UFPE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Macrografias das Celuloses

A seguir, o biofilme (Figura 1A) resultante de nove dias de incubação no meio de Hestrin (Glicose como fonte de carbono) pode ser visualizado por uma lente de aumento em 10 vezes. Pode-se notar que a membrana possui sua superfície composta de fibras de celulose aleatoriamente distribuídas, além da presença de bacilos da bactéria *Glucanacetobacter hansenii* apresentada em destaque. Analisando-se a imagem da membrana obtida no meio de Manitol para o mesmo tempo de incubação (Figura 1B), pode-se comprovar que a sua superfície possui mais rugosidade comparada aos biofilmes produzidos em meio Hestrin, assim como visto macroscopicamente. Também pode-se notar a disposição das fibras de celulose e a existência de biomassa, na região em destaque.

Figura 1A. Imagem microscópica da membrana de celulose proveniente do meio contendo glicose como fonte de carbono e Figura 1B membrana de celulose provenientes do meio contendo Manitol como fonte de carbono.



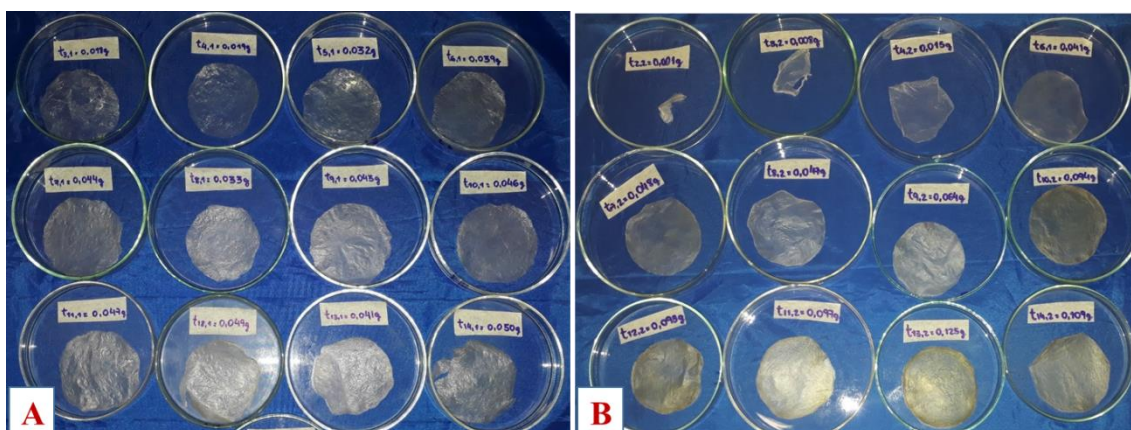
Fonte: AUTOR (2018).

Segundo Morgan et. al., (2013), a organização das fibras de celulose é consequência de seu mecanismo de biossíntese, uma vez que as cadeias são formadas por polimerização em uma direção específica seguida da agregação espontânea enquanto ainda estão ligadas à superfície celular.

Recuperação de Celulose

As membranas de celulose obtidas nos dois meios estudados podem ser visualizadas (Figuras 2A e 2B) abaixo. Macroscopicamente, já se pôde observar que as membranas de CB provenientes do meio contendo Manitol eram mais espessas e escuras quando comparadas aos biofilmes originados em Glicose.

Figura 2A refere-se as membranas de CB obtidas em meio Hestrin (glicose como fonte de carbono) e a Figura 2B são as membranas de CB obtidas em meio contendo Manitol como fonte de carbono.



Fonte: AUTOR (2018).

A evolução produtiva dos biopolímeros para os diferentes meios estudados foi analisada através do peso seco das membranas obtidas pós-tratamento com NaOH. Os valores obtidos estão expostos a seguir (Tabela 2).

Tabela 2. Produção dos biopolímeros em diferentes fontes de carbono (Glicose e Manitol).

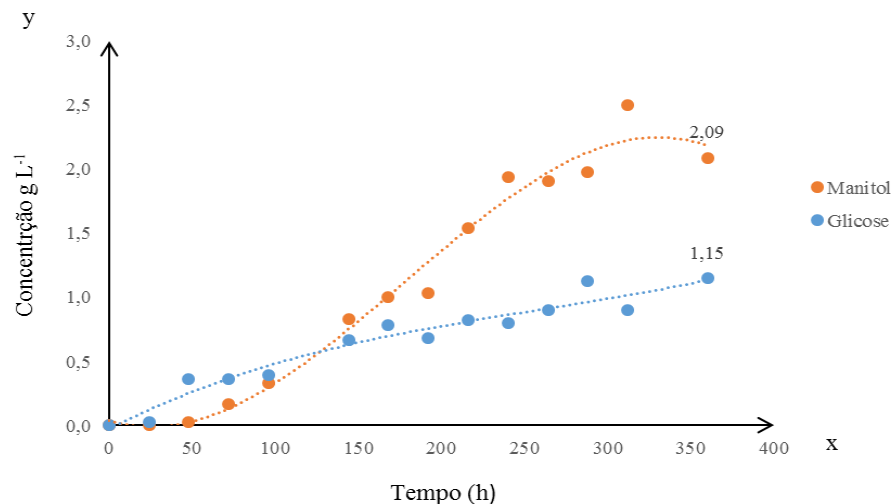
Glicose como fonte de Carbono				Manitol como fonte de Carbono			
Amostra	Tempo (h)	Peso Médio (g)	Conc. Produto g L ⁻¹	Amostra	Tempo (h)	Peso Médio (g)	Conc. Produto g L ⁻¹
tG0	0	0	0	tM0	0	0	0
tG1	24	0,0015	0,03	tM1	24	0	0
tG2	48	0,018	0,36	tM2	48	0,0015	0,03
tG3	72	0,018	0,36	tM3	72	0,0085	0,17
tG4	96	0,0195	0,39	tM4	96	0,0165	0,33
tG6	144	0,0335	0,67	tM6	144	0,0415	0,83
tG7	168	0,039	0,78	tM7	168	0,05	1
tG8	192	0,034	0,68	tM8	192	0,0515	1,03
tG9	216	0,041	0,82	tM9	216	0,077	1,54
tG10	240	0,04	0,8	tM10	240	0,097	1,94
tG11	264	0,045	0,9	tM11	264	0,0955	1,91
tG12	288	0,0565	1,13	tM12	288	0,099	1,98
tG13	312	0,045	0,9	tM13	312	0,125	2,5
tG14	360	0,0575	1,15	tM14	360	0,1045	2,09

Através do gráfico (Figura 3), pode-se comprovar que a melhor eficiência para o desenvolvimento das Celuloses bacterianas foi o meio de Manitol como fonte de carbono, obtendo 2,09 g L⁻¹ ao final de quatorze dias de incubação, sendo o ponto ótimo aos treze dias (2,50 g L⁻¹). Resultados semelhantes foram obtidos por Donini (2011), em seu estudo variando as diversas fontes de carbono.

Na bioquímica celular, o manitol é convertido em frutose e em seguida, metabolizado por este micro-organismo para a produção de celulose, enquanto que a glicose e frutose são transportadas através da membrana celular e integradas na via biossintética de celulose (OIKAWA et al., 1995; ROSS et al., 1991). Outros estudos mostraram que a celulose formada a

partir de manitol foi três vezes superior do que a partir de glicose para a bactéria *Acetobacter xylinum*, ambas sob as mesmas condições de cultura (OIKAWA et al., 1995).

Figura 1. Gráfico representativo da produção de CB pelos meios Manitol e Glicose estudados. Fonte: AUTOR (2018).



CONCLUSÕES

O presente trabalho possibilitou a avaliação da produção de celulose bacteriana, um material polimérico, biocompatível e biodegradável, a partir de diferentes meios de cultura (meio de Hestrine meio de Manitol), cujas respectivas fontes de carbono são glicose e manitol.

A caracterização das membranas por microscopia óptica pode-se notar que as fibras de celulose estão aleatoriamente distribuídas e que existe a presença de bacilos da bactéria produtora na superfície do biopolímero. Com relação ao rendimento para os dois tipos de meio (Glicose e Manitol como fontes de carbono), a melhor produção dos biopolímeros, com concentração máxima de 2,50 g L⁻¹ ao final de 312 horas, foi observado para o meio contendo a fonte de manitol.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. M.; PRESTES, R. A.; FONSECA, A. F. da; WOICIECHOWSKI, A. L.; WOSIACKI, G. **Minerals consumption by *Acetobacter xylinum* on cultivation medium on coconut water**. Brazilian Journal of Microbiology, v. 44, n. 1, 2013.

ALVES, M. L. P. R.; FANK, E. I.; ROCHA, E. M. R.; CARNEIRO, A. M. M. Avaliação do Comportamento de Sacolas Oxibiodegradáveis no Processo de Compostagem em Escala de Laboratório: Influência Do Tamanho Sobre O Processo. IV Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos - Epersol, Recife, UFRPE, 2017.

BRASIL, **Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA)**, 2013. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,producao-de-celulose-cresce-7-3-em-2013-diz-bracelpa,176992e>> Acesso em: 10.03.2018.

BROWN, Adrian J. XLIII.—On an acetic ferment which forms cellulose. **Journal of the Chemical Society, Transactions**, v. 49, p. 432-439, 1886.

BROWN, R. M.; SAXENA, I. M.; KUDLICKA, K. **Cellulose biosynthesis in higher plants**. Plant Science, v. 1, n. 5, p. 149-156, 1996.

- CAMPANO, C. BALEA, A.; BLANCO, A.; NEGRO, C. **Enhancement of the fermentation process and properties of bacterial cellulose: a review.** Cellulose, v. 23, p. 57-91, 2016.
- COSTA, A. F. S.; ALMEIDA, F.C.G.; VINHAS, G. M.; SARUBBO, L.A. **Production of Bacterial Cellulose by Gluconacetobacter hansenii Using Corn Steep Liquor As Nutrient Sources.** Frontiers in Microbiology. V. 8, p. 2027, 2017.
- COSTA, A. F. S.; ROCHA, M. A. V.; SARUBBO, L. A. **Bacterial cellulose: an ecofriendly biotextile.** International Journal of Fashion Design, Technology, V.7, p.11–26, 2017.
- CZAJA, W.; KRYSZYNOWICZ, A.; BIELECKI, S. BROWN, R. M. Jr. **Microbial cellulose: the natural power to heal wounds.** Biomaterials, v. 27, p. 145-151, 2006.
- CZAJA, W.; KRYSZYNOWICZ, A.; KAWECKI, M.; WYSOTA, K.; SAKIEL, S.; WRÓBLEWSKI, P.; GLIK, J. NOWAK, M.; BIELECKI, S. **Biomedical Applications of Microbial Cellulose in Burn Wound Recovery.** Cellulose, p. 307-321, 2007.
- DONINI, I. A. N. **Desenvolvimento de métodos de cultivo de Gluconacetobacter xylinus para obtenção de compósitos à base de celulose bacteriana e colágeno tipo I adicionado in situ..** Dissertação de Mestrado. Araraquara, SP: UNESP. 2011
- DONINI, I. A. N.; SALVI, D. T. B.; FUKUMOTO, F. K.; LUSTRI, W. R.; BARUDE, H. S.; MARCHETTO, R.; MESSADDEQ, Y.; RIBEIRO, S. J. L. **Biossíntese e recentes avanços na produção de celulose bacteriana.** Ecletica Quimica, v.35, n.4, p.165-178, 2010.
- EL-SAIED, H.; BASTA, A. H.; AND GOBRAN, R. H. **Research progress in friendly environmental technology for the production of cellulose products (Bacterial cellulose and its application).** Polymer-Plastics Technology and Engineering, V. 43, p. 797–820, 2007.
- GOMES, F. P.; SILVA, N. H. C. S.; TROVATTI, E.; SERAFIM, L. S.; DUARTE, M. F.; SILVESTRE, A. J. D. **Production of bacterial cellulose by Gluconacetobacter sacchari using dry olive mill residue.** Journal Biomass Bioenergy, v. 55, p. 205–211, 2013.
- HUANG, Y.; ZHU, C.; YANG, J.; NIE, Y.; CHEN, C. **Recent Advances in Bacterial Cellulose.** Cellulose, v. 21, p. 1–30, 2014.
- KLEMM, D.; HEUBLEIN, B.; FINK, H. P.; BOHM, A. **Cellulose: Fascinating Biopolymer and Sustainable Raw Material.** Angewandte Chemie, v. 44, p. 2-37, 2005.
- LEE, K. Y.; BULDUM, G.; MANTALARIS, A.; BISMARCK, A. **More Than Meets The Eye In Bacterial Cellulose: Biosynthesis Bioprocessing, And Applications In Advanced Fiber Composites.** Macromolecular Bioscience, v. 4, n. 1, p. 10-32, 2014.
- MORGAN, J. L.; STRUMILLO, J.; ZIMMER, J. **Crystallographic Snapshot of Cellulose Synthesis and Membrane Translocation.** Nature, v. 493, n. 7431, p. 181-6, 2013.
- MOHITE, B. V.; PATIL, S. V. **A novel biomaterial: Bacterial cellulose and its new era applications.** Biotechnology and Applied Biochemistry, v. 61, n. 2, p. 94-101, 2014.
- OIKAWA, T.; OHTORI, T.; AMEYAMA, M. **Production of Cellulose from d-Mannitol by Acetobacter xylinum KU-1.** Bio/Technology, v. 59, p. 331-332, 1995.
- PAXIMADA, P.; TSOUKO, E.; KOPSAHELIS, N.; KOUTRINAS, A. A.; MANDALA, I. **Bacterial Cellulose as Stabilizer Of O/W Emulsions.** Food Hydrocolloids, v.53, p. 225-232, 2016.
- PECORADO, E.; MANZANI, D.; MESSADDEQ, Y.; RIBEIRO, S. J. L. **Bacterial Cellulose from Gluconacetobacter xylinus: preparations and applications.** Amsterdam Elsevier, v. 1, n. 17, p. 369-383, 2009.
- PICCHI, J.B.; **Preparo e Caracterização Físico-Química e Biológica de um Biocompósito a Base de Celulose Associada a Própolis.** Dissertação de Mestrado. São Carlos, SP: USP, 2010.

RANGASWAMY, B. E.; VANITHA, K. P.; HUNGUND, B. S. **Microbial Cellulose Production from Bacteria Isolated from Rotten Fruit**. International Journal of Polymer Science. V. 2015, p. 1-8, 2015.

RECOUVREUX, D. O. S. **Desenvolvimento de Novos Biomateriais Baseados em Celulose Bacteriana para Aplicações Biomédicas e de Engenharia de Tecidos**. 2008. 124. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, Santa Catarina.

ROSS, P.; MAYER, R.; BENZIMAN, M. **Cellulose Biosynthesis and Function in Bacteria**. Microbiological Reviews, v. 55, n. 1, p. 35-58, 1991.

SAXENA, I. M.; BROWN JUNIOR, R. M., **Cellulose Biosynthesis: Current Views And Evolving Concepts**. Annals of Botany, v.96, n.1, p.9-21. 2005.

SANTOS, C. C. C.; PEREIRA, P. S.; PEREIRA, A. M. B.; Identificação de Lipase Através da *Rhizopus Arrhizus* Ucp 35 para Biorremediação em Substâncias com Elevado Teor de Lipídeo. IV Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos - Epersol, Recife, UFRPE, 2017.

SANTOS, J. P. O.; SILVA, E. V. L.; SOUZA, A. L.; EL-DEIR, S. G. **Economia Circular Como Via Para Minimizar o Impacto Ambiental Gerado Pelos Resíduos Sólidos**. IV Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos - Epersol, Recife, UFRPE, 2018.

VIEIRA, D. C. M; **Produção De Biofilme (Membrana De Biocelulose) por *Gluconacetobacter Xylinus* e Meio de Resíduos de Frutas e Folhas de Chá Verde..** Tese de Doutorado- Universidade de São Paulo, Faculdade de ciências farmacêuticas, 2013.

2.4. SENSIBILIDADE TÉRMICA DE HIDROLASES RECUPERADAS DE RESÍDUOS DO PROCESSAMENTO DE PEIXES NEOTROPICAIS CAPTURADOS NO LITORAL ALAGOANO

SILVA, Quesia Jemima

Universidade Federal Rural de Pernambuco
quesiajemima0@gmail.com

SILVA, Jessica Costa

Universidade Federal de Pernambuco
jess.cost15@gmail.com

PORTO, Ana Lúcia Figueiredo

Universidade Federal Rural de Pernambuco
analuporto@yahoo.com.br

OLIVEIRA, Vagne de Melo

Universidade Federal Rural de Pernambuco
vagne_melo@hotmail.com

RESUMO

O litoral alagoano é utilizado para captura de diferentes tipos de pescado, contando com uma variedade de espécies de peixes neotropicais, seja para comercialização e/ou consumo. Após a filetagem, são gerados resíduos sólidos, como cabeça, cauda, pele, escamas (quando presentes), barbatanas e vísceras internas. Esses subprodutos podem servir de alternativa no fornecimento de proteínas. Uma vez que as condições ambientais influenciam a ação dessas proteínas, este trabalho objetivou estudar o efeito da temperatura na atividade de tripsina e de quimotripsina recuperada a partir de resíduos sólidos do processamento de *Lutjanus synagris*, *Caranx crysos* e *Cynoscion leiarchus* capturados no município de Maceió, Alagoas. A temperatura ótima de ação da tripsina sofreu variação de acordo com a espécie, entre 35°C e 60°C, enquanto que para a quimotripsina manteve próximo aos 40°C. Na avaliação da estabilidade térmica, a quimotripsina se mostrou menos resistente do que a tripsina. Assim, é sugestiva a utilização de tripsina extraída de resíduos intestinais das referidas espécies, uma vez que os valores obtidos foram dentro do desejado pelos segmentos industriais, sendo necessário submetê-las a processos de purificação. Ainda, houve o reaproveitamento total das vísceras utilizadas, contribuindo com a redução da contaminação ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Enzimas, proteases, resíduos.

INTRODUÇÃO

O Estado de Alagoas apresenta uma grande área para captura de uma variedade de espécies aquáticas, principalmente de peixes Neotropicais, seja através dos métodos de caceias e/ou de linha, muitos para consumo local (RANGELY et al., 2010). Segundo a FAO (2016), milhões de pessoas em todo o mundo encontram uma fonte de renda e meios de subsistência no setor de pesca e aquicultura. As estimativas mais recentes mostram que 56,6 milhões de pessoas trabalharam em 2014 no setor primário aquícola.

Após a captura é realizada a evisceração e separação dos resíduos sólidos (cabeça, cauda, barbatanas, escamas, coração, vísceras digestivas, mesentério, etc.) (BEZERRA et al., 2006; BOUGATEF, 2013). Aproximadamente, para cada 1 kg de peixe filetado, cerca de 50 a 70% são negligenciados e desprezados, seja por falta de investimento da indústria, uma das justificativas é a elevação dos custos do setor, ou falta de tecnologia simples para reutilização desses descartes (LINO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017). Todavia, esses resíduos têm demonstrado interesse pelo mercado de enzimas para aplicações biotecnológicas, contribuindo para com que haja um impacto positivo na economia pesqueira (JESÚS-DE LA CRUZ et al., 2018).

Dentre os fatores físico-químicos, a temperatura é um que mais influenciam no estudo da eficiência enzimática. Enzimas com alta resistência térmica e que conseguem permanecer estáveis a largas faixas de oscilações são altamente desejáveis, principalmente se sua origem for contribuir com redução de custos, como as extraídas do processamento do pescado (OUTZEN et al., 1996; BALTI et al., 2009; JELLOULI et al., 2009; SILVA et al., 2014; FRANÇA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017; JESÚS-DE LA CRUZ et al., 2018).

Dessa forma, este trabalho objetivou estudar o efeito da temperatura na atividade de tripsina e de quimotripsina recuperada a partir de resíduos sólidos do processamento de *Lutjanus synagris*, *Caranx crysos* e *Cynoscion leiarchus* capturados no município de Maceió, Alagoas; como forma de evidenciar seu potencial para futuras aplicações em escala industrial e agregar valor ao subproduto da pesca.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A produção global de peixes, crustáceos, moluscos e outros animais aquáticos atingiu 169,2 milhões de toneladas em 2015 (ZHOU et al., 2011; LINO et al., 2014). Deste total, a produção de captura foi de 92,6 milhões de toneladas, um aumento de 1,6% em relação ao ano anterior (OLIVEIRA et al., 2014; FAO, 2016). A produção da aquicultura foi de 76,6 milhões de toneladas em 2015, um aumento de 4% em relação ao ano anterior (FAO, 2017). À medida que o consumo de filés ou de outras formas preparadas ou conservadas aumenta, a proporção de resíduos sólidos, como cabeças, caudas, espinhos, vísceras internas, como rins, fígado, estômago, coração, intestino e outros produtos derivados do processamento segue a mesma tônica (OLIVEIRA et al., 2017).

Em algumas comunidades existe o uso alternativo dos resíduos derivados do pescado proveniente da piscicultura (POLYCARPO et al., 2018) e da maricultura (VIEGA et al., 2015a, 2015b; FREIRE e MORAES, 2016). Entretanto, boa parte desses resíduos é despejada em sistemas de eliminação terrestres ou no mar durante o seu processo de decomposição (ZHOU et al., 2011). Além do que, a reutilização dessas fontes residuais podem contribuir para com a redução do ônus ambiental e agregar valor ao produto como forma de aumentar os rendimentos dos pescadores.

A recuperação da atividade enzimática desses subprodutos muitas vezes passa pela necessidade de realização de processos tecnológicos avançados, nem sempre de custo baixo, para a extração e isolamento da molécula de interesse, e para definição de seus parâmetros bioquímicos e de aplicabilidade prática (BEZERRA et al., 2006; SILVA et al., 2011; COSTA et al., 2013; MEDEIROS et al., 2015; ALVES et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2017). Nesse sentido, resíduos

de organismos aquáticos já foram investigadas quanto ao seu potencial de fornecimento de biomoléculas, principalmente tripsina (ESPÓSITO et al., 2010; COSTA et al., 2013; LINO et al., 2014; MEDEIROS et al., 2015; KLOMKLAO e BENJAKUL, 2018) e quimotripsina (CHONG et al., 2002; CASTILLO-YÁÑEZ et al., 2009; YANG et al., 2009; ZHOU et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2017).

Tripsina de origem aquática podem ser utilizadas na produção de sabão em pó pela indústria de detergentes (ESPÓSITO et al., 2009; JELLOULI et al., 2009; KTARI et al., 2012; NASRI et al., 2012; KHANGEMBAM e CHAKRABARTI, 2015; MEDEIROS et al., 2015; YOUNES et al., 2015; BKHAIRIA et al., 2016), na extração de pimentos carotenóides de resíduos de camarão (SILA et al., 2012; YOUNES et al., 2015; POONSIN et al., 2017), na produção de hidrolisados proteicos, na produção de farinha de peixe, no processamento da carne, na produção de silagem ou na indústria de alimentos visando a promoção da saúde humana (GODDARD e PERRET, 2005; BALTI et al., 2009; FELTES et al., 2010; FREITAS et al., 2012; LIMA, 2013; GOOSEN et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2014; KETNAWA et al., 2016; VILLAMIL et al., 2017) ou, mais recentemente, na síntese de peptídeos biologicamente ativos no segmento biomédico (JESÚS-DE LA CRUZ et al., 2018).

A quimotripsina, enzima secretada pelos tecidos pancreáticos de vertebrados e invertebrados, é ativada por um efeito cascata da presença da tripsina no duodeno, chega a apresentar 3 estruturas diferentes (quimotripsinas A, B e C) que sofrem variação em relação a solubilidade, ponto isoelétrico e especificidade de clivagem (OLIVEIRA et al., 2014; ZHOU et al., 2011). Apenas quimotripsina A e B são encontradas em peixes. Em comparação com a quimotripsina de mamíferos, as enzimas de peixes têm uma composição de aminoácidos e pesos moleculares parecidas. Além do que, apresentam maior atividade específica, sobretudo aquelas provenientes de peixes de água fria, e baixa tolerância a temperatura, sendo este um fator preponderante para sua eficiência catalítica (ZHOU et al., 2011). Quimotripsinas já foram recuperadas a partir de resíduos sólidos orgânicos de espécies de peixes capturadas em Maceió, Alagoas, em trabalho descrito por Lino et al. (2014) com uma espécie de *Scomberomorus cavala* e por Oliveira et al. (2017) com a espécie *Seriola dumerili* ambas espécies de interesse comercial e que tem propriedades organolépticas apreciadas pelos consumidores da região. Na indústria, essas enzimas podem ser utilizadas nas etapas de preparação do couro e na composição de diagnósticos biomédicos (CHONG et al., 2002; CASTILLO-YÁÑEZ et al., 2009; YANG et al., 2009; ZHOU et al., 2011).

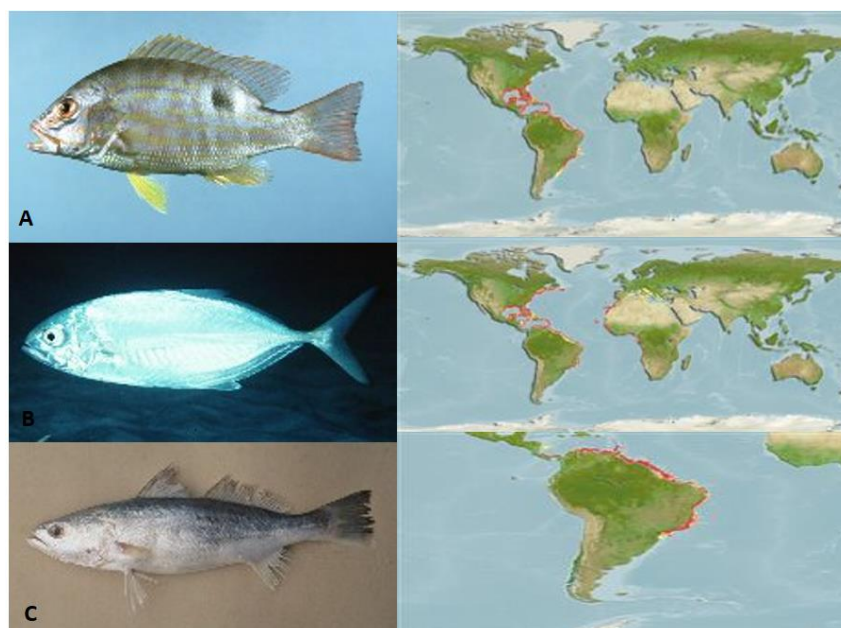
METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Laboratório de Produtos Bioativos (LABTECBIO), Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal (DMFA), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Obtenção do material biológico

Os resíduos sólidos utilizados foram das espécies (Figura 1A-D): *Lutjanus synagris*, *Caranx crysos* e de *Cynoscion leiarchus*; cedidos gentilmente pela colônia de pescadores de Ponta Verde, Município de Maceió, Alagoas, Brasil. Após a etapa de evisceração, os resíduos de intestino foram separados, embaladas em recipientes de plástico, mantidos no gelo e transportados para o Laboratório de tecnologia de produtos bioativos (LABTECBIO) para posterior recuperação de atividades enzimáticas.

Figura 1. Espécies de peixes neotropicais utilizadas para recuperação de hidrolases



A- *Lutjanus synagris*; B- *Caranx crysos*; C- *Cynoscion leiarchus*.

Fonte: Banco de imagens de domínio público FishBase

Extração enzimática

A extração de proteases a partir das vísceras intestinais foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Oliveira et al. (2017). A razão de vísceras para tampão de extração (0,05 M de Tris-HCl, pH 7,5, contendo 5 mM de CaCl_2) foi de 1:5 (w/v). As amostras (15 g cada espécie) (Figura 2) foram misturadas em alta velocidade durante quatro intervalos de 15s, com um intervalo de 30s de arrefecimento entre cada execução. O recipiente de homogeneização foi continuamente resfriado em banho de gelo. Os homogeneizados resultante foram centrifugados a 20.000 g durante 30 minutos a 4°C para obtenção do extrato bruto (EB). O extrato bruto final foi filtrado através de um filtro estéril, em seguida, armazenado a -22°C, para posterior recuperação enzimática.

Figura 2. Resíduo de intestino de *Lutjanus synagris* após evisceração



Fonte: Acervo pessoal.

Determinação de proteínas totais

A concentração de proteína totais de todos os extratos brutos preparados com resíduos sólidos foi determinada de acordo com metodologia descrita por Smith et al. (1985).

Determinação da atividade da tripsina e da quimotripsina

A atividade específica das proteases foi determinada utilizando-se 170 µL de tampão Tris-HCl 0,05 M pH 7,5, 30 µL de extrato enzimático e 30 µL de substrato específico, sendo N- α -benzoyl-DL-Arginina-p-nitroanilida (BAPNA) e Suc-Phe-p-Nan (SAPNA) para tripsina e quimotripsina, respectivamente. Após o período de incubação de 15 min., a absorbância das amostras foi medida no leitor de microplaca (xMarktm BIORAD) no comprimento de onda de 405 nm. Todas as análises foram realizadas em quadruplicata. Uma unidade (U) de atividade enzimática é considerada a quantidade de enzima capaz de produzir 1 µmol de p-nitroanilina por minuto. A atividade específica, calculada como a relação entre a atividade protease (U/mL) e a proteína total na amostra (mg/mL) foi expressa em U/mg (OLIVEIRA et al., 2017).

Temperatura ótima e estabilidade térmica

O efeito da temperatura sobre a atividade enzimática dos extratos brutos das espécies e a estabilidade térmica foi avaliado a temperaturas variando de 25°C a 80 °C. Para a temperatura ótima, os ensaios foram realizados através da incubação do extrato enzimático com os substratos, 8 mmol/L de BAPNAe Suc-Phe-p-Nan (SAPNA) para tripsina e quimotripsina, respectivamente, em um banho de gelo. Para testar a estabilidade térmica, a enzima foi incubada em banho de água por 30 minutos e a atividade restante foi então mensurada em 25 °C. A atividade foi calculada como a razão entre a atividade da enzima no final de cada corrida de incubação e a do início, sendo expresso em percentagem (%) (OLIVEIRA et al., 2017).

Análise estatística

Todos os valores foram apresentados como médias $\pm$ desvios-padrão. Estes dados foram analisados estatisticamente por ANOVA, seguida do teste Tukey, quando indicado. Diferenças entre os grupos foram aceitos como significativos ao nível de confiança de 95% ($p < 0,05$).

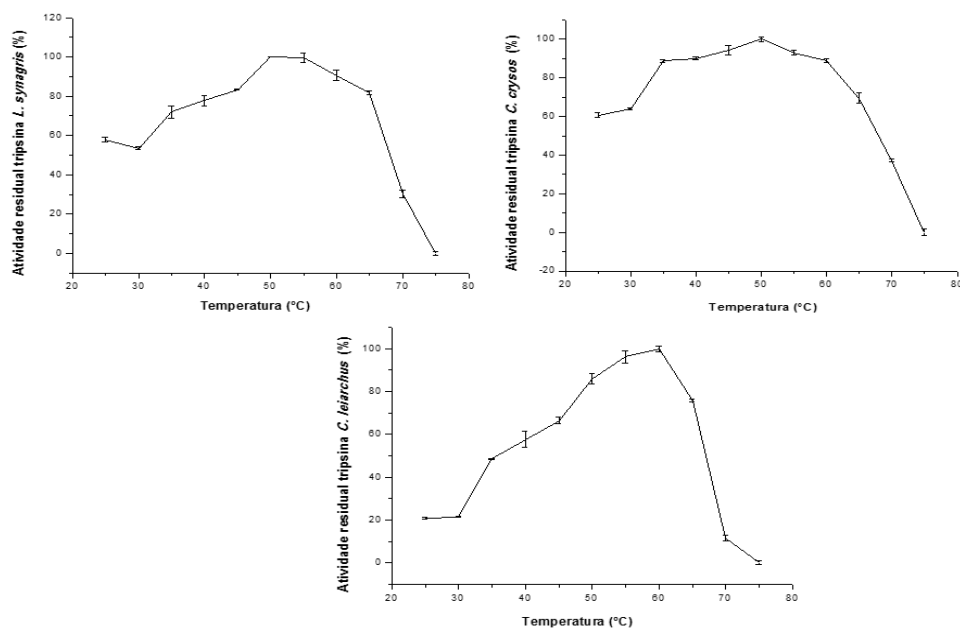
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram recuperadas atividade enzimáticas a partir do extrato bruto produzido dos resíduos sólidos intestinais de 3 espécies de peixes neotropicais (*L. synagris*, *C. crysos* e *C. leiarchus*). Todas as espécies trabalhadas possuíam hábitos alimentares carnívoros, tendo como fonte primária peixes menores, peixes doentes e camarões. Assim como temperatura e pH, o hábito alimentar pode influenciar no metabolismo digestivo.

A tripsina recuperada dos resíduos de *L. synagris*, *C. crysos* e de *C. leiarchus* apresentam atividade ótima a 50°C, 50°C e 60°C, respectivamente, como ilustrado (Figura 3), mantendo-se estável de 30 a 55°C, 25 a 65°C e de 25 a 55°C, respectivamente. O tratamento térmico influenciou na atividade das tripsinas, corroborando com o descrito na literatura científica para *Sebastes schlegelii* (KISHIMURA et al., 2007) e *Arapaima gigas* (FREITAS-JUNIOR et al., 2012), ambos com temperatura ótima de 65°C. No que diz respeito a termoestabilidade, a tripsina das 3 espécies analisadas mostraram-se sensíveis quando em exposição a valores superiores a 60°C.

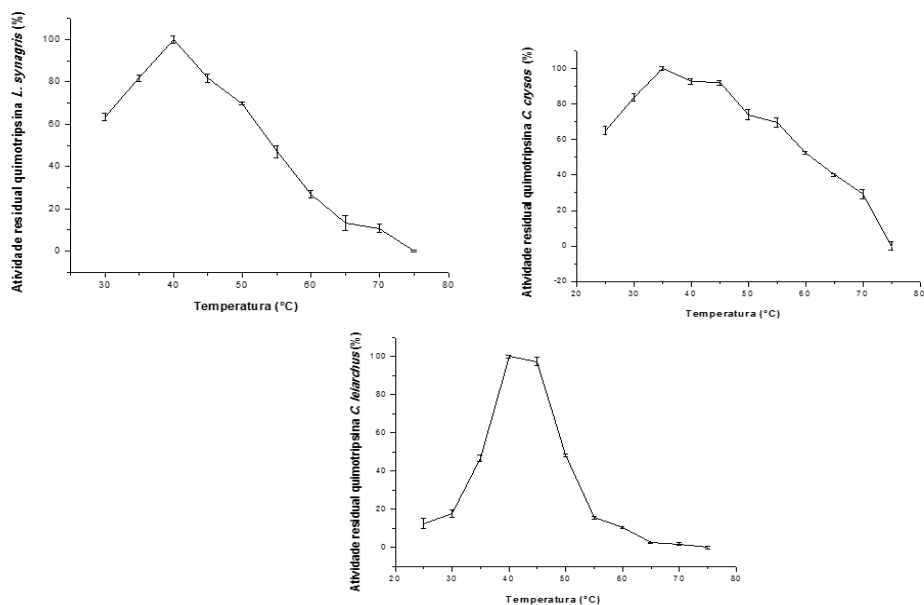
Ensaio de temperatura ótima com tripsinas extraídas de organismos aquáticos relataram atividade ótima a 60°C em extratos das espécies *Sardinops melanostictus* (KISHIMURA et al., 2006), *Sebastes schlegelii* (KISHIMURA et al., 2008), *Theragra chalcogramma* (KISHIMURA et al., 2008); *Clarias macrocephalus* X *Clarias gariepinus* (KLOMKLAO et al., 2011), *Thunnus alalunga* (KLOMKLAO e BENJAKUL, 2018); de 50°C para *Caranx hippos* (COSTA et al., 2013) e *Luphiosilurus alexandri* (SANTOS et al., 2016); DE 55°C para a espécie *Boops boops* (BARKIA et al., 2009) e *Barbus callensis* (SILA et al., 2012) e de 65° para *Arapaima gigas* (FREITAS-JUNIOR et al., 2012).

Figura 3. Temperatura ótima da tripsina extraída de resíduos do processamento de peixes marinhos



A atividade ótima das quimotripsinas foi de 40°C para resíduos de *L. synagris* e *C. leiarchus*, e de 35°C para os extratos de *C. crysos*, como ilustrado (Figura 4).

Figura 4. Temperatura ótima da quimotripsina extraída de resíduos do processamento de peixes marinhos



Todas as enzimas permaneceram estáveis na faixa de 25 a 45°C, valores considerados baixos, sugerindo pouca resistência térmica. Resultados semelhantes foram descritos para enzimas extraídas de organismos aquáticos como *Oncorhynchus mykiss* (KRISTJÁNSSON e NIELSEN, 1992), *Engraulis japonica* (HEU et al., 1995), *Sardinops sagax caerulea* (CASTILLO-YAÑEZ et al., 2009) e *S. dumerili* (OLIVEIRA et al., 2017). Zhou et al. (2011) relataram que quimotripsinas de peixes marinhos ambientados a ambientes de baixa temperatura apresentam maior atividade catalítica que enzimas em mamíferos, por exemplo. Os estudos de sensibilidade enzimática a estresse provocado pela temperatura são importantes do ponto de vista industrial para descobrir se a enzima possui estabilidade térmica, uma vez que na indústria os

vários processos realizados causam um estresse grande, principalmente de calor, desnaturando proteínas pouco resistentes.

CONCLUSÕES

Enzimas de espécies de peixes de origem marinha foram recuperadas de resíduos intestinais e passaram por estresse térmico. Essa iniciativa visou estudar a influência da temperatura na atividade enzimática recém-recuperada de subprodutos que seriam desprezados na natureza. A atividade ótima das tripsinas obtidas dos extratos foi condizente com o reportado na literatura, em torno de 60°C. O tipo de ambiente e alimentação são fatores que podem ter influenciado no resultado. Outra enzima recuperada, a quimotripsina, apresentou baixa resistência térmica, corroborando com o descrito na literatura para peixes de origem marinha. Dessa forma, foi possível averiguar a potencialidade para futuras aplicações das enzimas testadas, sugerindo que sejam realizados novos testes para que haja o isolamento por completo das referidas enzimas e sua aplicação no campo industrial de interesse. Ainda, foi possível reutilizar os resíduos, o que impacta positivamente a economia e o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. H. M. E.; NASCIMENTO, G. A.; CABRERA, M. P.; SILVERIO, S. I. C.; NOBRE, C.; TEIXEIRA, J. A.; CARVALHO JÚNIOR, L. B. Trypsin purification using magnetic particles of azocasein-iron composite. **Food Chemistry**, v.226, p.75-78, 2017.
- BALTI, R.; BARKIA, A.; BOUGATEF, A.; KTARI, N.; NASRI, M. A heat-stable trypsin from the hepatopancreas of the cuttlefish (*Sepia officinalis*): purification and characterisation. **Food Chemistry**, v.113, p.146-154, 2009.
- BARKIA, A.; BOUGATEF, A.; NASRI, R.; FETOUI, E.; BALTI, R.; NASRI, M. Trypsin from the viscera of Bogue (*Boops boops*): isolation and characterization. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.36, p.893-902, 2009.
- BKHAIRIA, I.; BEN KHALED, H.; KTARI, N.; MILED, N.; NASRI, M.; GHORBEL, S. Biochemical and molecular characterisation of a new alkaline trypsin from *Liza aurata*: structural features explaining thermal stability. **Food Chemistry**, v.196, p.1346-1354, 2016.
- BEZERRA, R. S.; BUARQUE, D. S.; AMARAL, I. P. G.; CASTRO, P. F.; ESPÓSITO, T. S.; CARVALHO JÚNIOR, L. B. **Propriedades e aplicações biotecnológicas das proteases de vísceras de peixes**. In: POSSEBON CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. (Org.). *AquaCiência 2004 Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura* (pp. 2061 –275). Campinas, SP: Artpoint Produção Gráfica, 2006.
- BOUGATEF, A. Trypsin's from fish processing waste: characteristics and biotechnological applications comprehensive review. **Journal of Cleaner Production**, v.57, p.257-265, 2013.
- CASTILLO-YAÑEZ, F. J.; PACHECO-AGUILAR, R.; LUGOSANCHEZ, M. E.; GARCIA-SANCHEZ, G.; QUINTERO REYES, I. E. Biochemical characterization of an isoform of chymotrypsin from the viscera of Monterey sardine (*Sardinops sagax caerulea*) and comparison with bovine Chymotrypsin. **Food Chemistry**, v.112, p.634-639, 2009.
- CHONG, A. S. C.; HASHIM, R.; CHOW-YANG, L.; ALI, A. B. Partial characterization and activities of proteases from the digestive tract of discus fish (*Symphysodon aequifasciata*). **Aquaculture**, v.203, p.321-333, 2002.
- COSTA, H. M. S.; FREITAS JUNIOR, A. C. V.; AMARAL, I. P. G.; HIRATA, I. Y.; PAIVA, P. M. G.; CARVALHO JUNIOR, L. B.; BEZERRA, R. S. Metal-sensitive and thermostable trypsin from the crevalle jack (*Caranx hippos*) pyloric caeca: purification and characterization. **Chemistry Central Journal**, v.7, p.1-8, 2013.

ESPÓSITO, T. S.; AMARAL, I. P. G.; BUARQUE, D. S.; OLIVEIRA, G. B.; CARVALHO JÚNIOR, L. B.; BEZERRA, R. S. Fish processing waste as a source of alkaline proteases for laundry detergent. **Food Chemistry**, v.112, p.125-130, 2009.

ESPÓSITO, T. S.; MARCUSCHI, M.; AMARAL, I. P. G.; CARVALHO, L. B.; BEZERRA, R. S. Trypsin from the processing waste of the lane snapper (*Lutjanus synagris*) and its compatibility with oxidants, surfactants and commercial detergents. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p. 6433-6439, 2010.

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. **Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos**. Roma. 224 p., 2016.

FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics. 2015/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture. 2015/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura. 107p., 2017.

FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L.; SPILLER, V. R. Alternatives for adding value for the fish processing wastes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p. 669-677, 2010.

FRANÇA, R. C. P.; ASSIS, C. R. D.; SANTOS, J. F.; TORQUATO, R. J. S.; TANAKA, A. S.; HIRATA, I. Y.; ASSIS, D. M.; JULIANO, M. A.; CAVALLI, R. O.; CARVALHO JÚNIOR, L. B.; BEZERRA, R. S. Bovine pancreatic trypsin inhibitor immobilized onto sepharose as a new strategy to purify a thermostable alkaline peptidase from cobia (*Rachycentron canadum*) processing waste. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part B**, v.1033-1034, p.210-217, 2016.

FREITAS-JUNIOR, A. V. C.; COSTA, H. M. S.; ICIMOTO, M. Y.; HIRATA, I. Y.; MARCONDES, M.; CARVALHO JÚNIOR, L. B.; OLIVEIRA, V.; BEZERRA, R. S. Giant Amazonian fish arapaima (*Arapaima gigas*): its viscera as a source of thermostable trypsin. **Food Chemistry**, v.133, p.1596-1602, 2012.

FREIRE, M. A. S.; MORAES, F. M. Análise econômica da poluição com resíduos do sururu (*Mytella falcata*, orbigny, 1846): uma tragédia dos campos comuns na Ilha de Deus? In: EL-DEIR, S. G.; PINHEIRO, S. M. G.; AGUIAR, W. J. (Org.) Resíduos sólidos: práticas para uma gestão sustentável. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2016, p. 486-495.

GODDARD, J. S.; PERRET, J. S. M. Co-drying fish silage for use in aquafeeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.118, p.337-342, 2005.

GOOSEN, N. J.; FRANCOIS DE WET, L.; GÖRGENS, J. F.; JACOBS, K.; BRUYN, A. Fish silage oil from rainbow trout processing waste as alternative to conventional fish oil in formulated diets for Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. **Animal Feed Science and Technology**, v.188, p. 74-84, 2014.

HEU, M. S.; KIM, H. R.; PYEUN, J. H. Comparison of trypsin and chymotrypsin from the viscera of anchovy, *Engraulis japonica*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v.112, n.3, p. 557-567, 1995.

JESÚS-DE LA CRUZ, K.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C. F.; PEÑA, E.; MORALES-CONTRERAS, J. A.; ÁVILA-FERNÁNDEZ, A. Fish trypsins: potential applications in biomedicine and prospects for production. **Biotech**, v.8, n.186, p. 185-186, 2018.

JELLOULI, K.; BOUGATEF, A.; DAASSI, D.; BALTI, R.; BARKIA, A.; NASRI, M. New alkaline trypsin from the intestine of Grey triggerfish (*Balistes caprisus*) with high activity at low temperature: purification and characterisation. **Food Chemistry**, v.116, p. 644-650, 2009.

KETNAWA, S.; MARTÍNEZ-ALVAREZ, O.; BENJAKUL, S.; RAWDKUEN, S. Gelatin hydrolysates from farmed Giant catfish skin using alkaline proteases and its antioxidative function of simulated gastrointestinal digestion. **Food Research International**, v.192, p. 34-42, 2016.

- KHANGEMBAM, B. K.; CHAKRABARTI, R. Trypsin from the digestive system of carp *Cirrhinus mrigala*: Purification, characterization and its potential application. **Food Chemistry**, v.175, p. 386-394, 2015.
- KISHIMURA, H.; HAYASHI, K.; MIYASHITA, Y. Characteristics of trypsins from the viscera of true sardine (*Sardinops melanostictus*) and the pyloric ceca of arabesque greenling (*Pleuroprammus azonus*). **Food Chemistry**, v.97, p. 65-70, 2006.
- KISHIMURA, H.; TOKUDA, Y.; YABE, M.; KLOMKLAO, S.; BENJAKUL, S.; ANDO, S. Trypsins from the pyloric ceca of jacobever (*Sebastes schlegelii*) and elkhorn sculpin (*Alcichthys alcicornis*): isolation and characterization. **Food Chemistry**, v.100, p. 1490-1495, 2007.
- KISHIMURA, H.; KLOMKLAO, S.; BENJAKUL, S.; CHUN, B. S. Characteristics of trypsin from the pyloric ceca of walleye pollock (**Theragra chalcogramma**). **Food Chemistry**, v.106, p. 194-199, 2008.
- KLOMKLAO, S.; BENJAKUL, S. Two trypsin isoforms from albacore tuna (*Thunnus alalunga*) liver: Purification and physicochemical and biochemical characterization. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.107, p. 1864-1870, 2018.
- KRISTJÁNSSON, M. M.; NIELSEN, H. H. Purification and characterization of two chymotrypsin-like proteases from the pyloric caeca of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v.101, n.1-2, p. 247-253, 1992.
- KTARI, N.; BEN KHALED, H.; NASRI, R.; JELLOULI, K.; GHORBEL, S.; NASRI, M. Trypsin from zebra blenny (*Salaria basilisca*) viscera: purification, characterization and potential application as a detergent additive. **Food Chemistry**, v.130, p. 467-474, 2012.
- LIMA, L. K. F. Reaproveitamento de Resíduos Sólidos na Cadeia Agroindustrial do Pescado. Palmas: **Embrapa Pesca e Aquicultura**, 28p., 2013.
- LINO, L. H. S.; ROBERTO, N. A.; BEZERRA, R. S.; OLIVEIRA, V. M.; PORTO, A. L. F. Aproveitamento dos subprodutos de cavala (*Scomberomorus cavala*) para obtenção de proteases digestivas: temperatura ótima e termoestabilidade. **Revista Saúde & Ciência Online**, v.3, p. 305-311, 2014.
- MEDEIROS, F. S.; MARCUSCHI, M.; ASSIS, C. R. D.; SILVA, J. F.; ESPÓSITO, T. S.; BEZERRA, R. S. Potencial laundry detergent applications of mutton snapper (*Lutjanus analis*) proteases. **Journal of Fisheries Sciences.com**, v.9, n.3, p. 063-069, 2015.
- NASRI, R.; SILA, A.; KTARI, N.; LASSOUED, I.; BOUGATEF, A.; KARRA-CHAABOUNI, M.; NASRI, M. Calcium dependent, alkaline detergent-stable trypsin from the viscera of Goby (*Zosterisessor ophiocephalus*): purification and characterization. **Process Biochemistry**, v.47, p. 1957-1964, 2012.
- OLIVEIRA, V. M.; ASSIS, C. R. D.; BEZERRA, R. S. Fish digestive hydrolase: biochemical, physiological and biotechnological aspects. **REB, Revista Eletrônica de Biologia**, v.7, n.3, p. 330-341, 2014.
- OLIVEIRA, V. M.; NASCIMENTO, T. P.; ASSIS, C. R. D.; BEZERRA, R. S.; PORTO, A. L. F. Study on enzymes of industrial interest in digestive viscera: Greater amberjack (*Seriola dumerili*). **Journal of Coastal Life Medicine**, v.5, n.6, p. 233-238, 2017.
- OUTZEN, H.; BERGLUND, G. I.; SMALÅS, A. O.; WILLASSEN, N. P. Temperature and pH sensitivity of trypsins from Atlantic salmon (*Salmo salar*) in comparison with bovine and porcine trypsin. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v.115, p. 33-45, 1996.
- POONSIN, T.; SRIPOKAR, P.; BENJAKUL, S.; SIMPSON, B. K.; VISESSANGUAN, W.; KLOMKLAO, S. Major trypsin like-serine proteinases from albacore tuna (*Thunnus alalunga*) spleen: biochemical characterization and the effect of extraction media. **Journal Food Biochemistry**, v.41, p. 1-9, 2017.

POLYCARPO, J. S. M.; SANTOS JUNIOR, M. A.; BELTRAME, L. T. C. Alternativas para o uso dos resíduos da maricultura. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; El-Deir, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1. ed. - Recife: EDUFPRPE, 2018, p. 79-86.

RANGELY, J.; FABRÉ, N. N.; TIBURTINO, C.; BATISTA, V. S. Estratégias de pesca artesanal no litoral marinho alagoano (BRASIL). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.36, n.4, p. 263-275, 2010.

SANTOS, C. W. V.; MARQUES, M. E. C.; TENÓRIO, H. A.; MIRANDA, E. C.; PEREIRA, H. J. V. Purification and characterization of trypsin from *Luphiosilurus alexandri* pyloric cecum. **Biochemistry and Biophysics Reports**, v.8, p. 29-33, 2016.

SILA, A.; NASRI, R.; JRIDI, M.; BALTI, R.; NASRI, M.; BOUGATEF, A. Characterisation of trypsin purified from the viscera of Tunisian barbel (*Barbus callensis*) and its application for recovery of carotenoproteins from shrimp wastes. **Food Chemistry**, v.132, p. 1287-1295, 2012.

SILVA, J. F.; ESPOSITO, S. T.; MARCUSCHI, M.; RIBEIRO, K.; CAVALLI, R. O.; OLIVEIRA, V.; BEZERRA, R. S. Purification and partial characterization of a trypsin from the processing waste of the silver mojarra (*Diapterus rhombeus*). **Food Chemistry**, v.129, p. 777-782, 2011.

SILVA, J. F. X.; RIBEIRO, K.; SILVA, J. F.; CAHÚ, T. B.; BEZERRA, R. S. Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolysate. **Animal Feed Science and Technology**, v.196, p. 96-106, 2014.

SMITH, P. K.; KROHN, R. I.; HERMANSON, G. T.; MALLIA, A. K.; GARTNER, F. H.; PROVENZANO, M. D.; FUJIMOTO, E. K.; GOEKE, N. M.; OLSON, B. J.; KLENK, D. C. 1985 Measurement of protein using bicinchoninic acid. **Analytical Biochemistry**, v.150, n.1, p. 76-85, 1984.

VIEGA, M. C. M.; MOURA, J. R.; SANTOS, G.; COSTA, W. M. Capacitação em aproveitamento de resíduos de pesca (Escamas e Conchas) no programa social do chapéu de palha. In: EL-DEIR, G. S.; GUIMARÃES, E. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas**. 1. ed. - Recife: EDUFPRPE, p. 190-202, 2015a.

VIEGA, M. C. M.; MOURA, J. R.; VIDAL, J. M. A.; COSTA, W. M. Oficinas de artesanato com resíduos de pescado em duas comunidades pesqueiras de Pernambuco. In: EL-DEIR, G. S.; GUIMARÃES, E. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas**. 1. ed. - Recife: EDUFPRPE, 2015b, p. 295-303.

VILLAMIL, O.; VAQUIRO, H.; SOLANILLA, J. F. Fish viscera protein hydrolysates: production, potential applications and functional and bioactive properties. **Food Chemistry**, v.224, p. 160-171, 2017.

ZHOU, L.; BUDGE, S. M.; GHALY, A. E.; BROOKS, M. S.; DAVE, D. Extraction, Purification and characterization of fish chymotrypsin: A Review. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology**, v.7, p. 104-123, 2011.

YANG, F.; SU, W. J.; LU, B. J.; WU, T.; SUN, L. C.; HARA, K.; CAO, M. Purification and characterization of chymotrypsins from the hepatopancreas of crucian carp (*Carassius auratus*). **Food Chemistry**, v.116, p. 860-866, 2009.

YOUNES, I.; NASRI, R.; BKHAIIRA, I.; JELLOULI, K.; NASRI, M. New proteases extracted from red scorpionfish (*Scorpaena scrofa*) viscera: characterization and application as a detergent additive and for shrimp waste deproteinization. **Food and Bioproducts Processing**, v.94, p. 453-462, 2015.

2.5. TERMO-OXIDAÇÃO ACELERADA EM GARRAFAS PET DESCARTADAS NO MEIO AMBIENTE

PACHECO, João Antônio Lima
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
joca00lima@gmail.com

FARIAS, Renato Machado
UFPE
renatomfarias00@gmail.com

PACHECO, Gabriela Ferreira
UFPE
gabi.f.pachego@gmail.com

PACHECO, Ana Paula Lima
UFPE
apclima@gmail.com

RESUMO

Os polímeros têm aumentado sua participação na composição do resíduo sólido urbano, RSU. Anualmente, cerca de 4,7 bilhões de unidades de garrafas PET são descartadas. Apesar de 53% deste polímero descartado ainda não ser reaproveitado, especialistas lembram que a reciclagem não é a melhor opção, pois para fazer a reciclagem do excedente atual, seriam necessários 224 milhões kW/h de energia elétrica e 120 milhões de litros de água. Neste trabalho foram utilizadas garrafas PET pós-consumo: aquecidas a 50°C e 90°C, expostas ao ar, por 24 horas. A caracterização foi feita por FTIR comparadas ao PCA. A espessura média, cor e tipo de água (com ou sem gás) acondicionada também foram avaliadas. Os resultados mostraram que a espessura, cor e o tipo de água acondicionada não influenciam na capacidade de termo-degradação, provavelmente os aditivos são responsáveis pela resistência a degradação. A 50°C algumas garrafas (20%) se apresentaram suscetíveis a degradação, porém 90% degradaram a 90°C. Durante os ensaios as amostras deformaram, com isso além de podermos sugerir opção de acelerar a degradação, reduzindo o tempo de degradação deste material descartado no meio ambiente, ainda teremos como possível contribuição diminuição no tempo de ocupação e redução do volume destas embalagens nos aterros.

PALAVRAS-CHAVE: Polímeros, Politereftalato de etileno, Resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

Os termoplásticos constituem cerca de 80% dos polímeros produzidos mundialmente e são usados em aplicações como empacotamento de bebidas, em fibras da indústria têxtil, em materiais de construções e recobrimentos (DEWIL et al., 2006). Esses materiais podem ser leves, biocompatíveis, transparentes, macios, flexíveis e/ou biodegradáveis. Tais características fazem desses materiais muito interessantes também para aplicações médicas e de saúde pública se for considerado que 85% dos equipamentos médicos são compostos de dispositivos descartáveis os quais são usados apenas uma vez (como seringas) (SOUHARA, 1988). Esses polímeros são custo-efetivos, dado que uma vez obtido sua matéria-prima advinda do petróleo ele requerem pouca energia para serem produzidos.

Cerca de 300 milhões de toneladas de polímeros são produzidos anualmente no mundo (HALDEN, 2010) e estima-se que 50% desse volume são destinados para aplicações de finalidades descartáveis de uso único sendo estes produtos descartados dentro de um ano de sua compra (SOUHARA, 1988).

O politereftalato de etileno (PET) é um polímero termoplástico usado em larga escala na forma de fibras, chapas e filmes. O PET é a resina poliéster mais importante produzida atualmente devido a sua excelentes propriedades mecânicas e químicas para as atividades as quais ele é empregado (MONTENEGRO; MONTEIRO FILHA; PAN, 1996). Comercialmente este polímero é derivado das reações entre o ácido tereftálico e o etilenoglicol (NASCIMENTO; PACHECO; DIAS, 1996) e suas propriedades dependem do peso molecular, estrutura molecular, cristalinidade e a presença de impurezas. Como o PET também apresenta baixa permeabilidade a gases e solventes ele também tem um potencial anticorrosivo.

Há quatro maneiras como esses materiais poliméricos, baseados na nafta do petróleo, são mais comumente descartados: aterramento, incineração, reciclagem e biodegradação. Todos os polímeros podem ser descartados por incineração ou aterramento, entretanto aterros sanitários necessitam de espaço e produtos a incineração libera produtos químicos, além disso a energia contida na estrutura dos polímeros é perdida (HOPEWELL; DVORAK; KOSIOR, 2009). A incineração resulta na decomposição dos polímeros em dióxido de carbono, outros gases de efeito estufa e poluentes (TYNDAL, 2009). Durante a incineração parte da energia gerada pode ser reutilizada, porém esta técnica é conhecida por ter efeitos negativos no meio ambiente e na saúde pública (HOPEWELL; DVORAK; KOSIOR, 2009).

Nas últimas três décadas houve um aumento significativo no consumo de PET para empacotamento. O sucesso desse termoplástico na indústria deve-se à sua ampla diversidade de aplicações, desde a indústria têxtil (multifilamento) até as indústrias de alimentos. Utilizadas principalmente por indústrias de refrigerantes e sucos, as garrafas PET movimentam hoje um mercado que produz cerca de 9 bilhões de unidades anualmente só no Brasil, das quais 53% não são reaproveitadas. Entretanto, a reciclagem do PET não está acontecendo na mesma quantidade de sua produção (DUARTE et al., 2004; MOURA et al., 2015).

Com o crescente uso deste tipo de material, principalmente na área de embalagens, cujo descarte é muito mais rápido quando comparado a outros produtos, tem-se um agravamento da situação dos locais de destino do lixo (MANCINI; FRATTINI; ZANIN, 1996). De acordo com a Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET) a reciclagem de PET no Brasil é uma das mais desenvolvidas no mundo contando com alto índice de reciclagem e uma enorme gama de aplicações para o material reciclado (CONCEIÇÃO et al., 2016; SAUD et al., 2017), criando uma demanda constante e garantida. A nona edição do censo de reciclagem de PET no Brasil, feita pela ABIPET, divulgada em 2016, aponta crescimento de 12% comparado a 2013 na reciclagem de PET. A mais recente edição feita pela ABIPET confirma a reciclagem de PET como uma atividade em crescimento, afirmando que foram coletadas 331 mil toneladas de embalagens de PET, sendo totalmente recicladas e/ou utilizadas em novos produtos aqui mesmo no Brasil.

Cerca de 4,7 bilhões de unidades por ano, de garrafas PET, são descartadas na natureza, contaminando rios e canais, indo para lixões ou mesmo espalhadas por terrenos vazios. Entre 1995 e 2005, a produção de PET, para a fabricação de garrafas subiu de 120 mil toneladas para cerca de 374 mil toneladas, alavancada principalmente pela indústria de refrigerante. Apesar de 53% da produção ainda não ser reaproveitada, especialistas também lembram que a própria reciclagem não é a melhor opção. “A reciclagem tem um custo muito alto para o ambiente”, diz Renata Vault, que também é autora do livro *Ciclo de Vida de Embalagens para Bebidas no Brasil*. Para fazer a reciclagem do excedente atual, seriam necessários 224 milhões de quilowatts por hora de energia elétrica e 120 milhões de litros de água, além de outros problemas. (MARIS et al., 2018; ROMÃO et al., 2009)

Polímeros sintéticos podem demorar centenas de anos para degradar na superfície (GREGORY; ANDRADY, 2004), e provavelmente bem mais no fundo do oceano. A maioria dos polímeros sintéticos (polietileno, polipropileno) boiam na água enquanto alguns outros (polietileno de alta densidade e politereftalato de etileno) podem afundar (SUL; COSTA, 2014). A degradação desses materiais resulta na fragmentação em pequenos pedaços os quais interagem com o ecossistema marinho de maneira adversa (NAPPER et al., 2016; WAGNER et al., 2014; WRIGHT; THOMPSON; GALLOWAY, 2013). Outro estudo revela que garrafas PET coletadas do ambiente submarino e caracterizada por meio da técnica de ATR-FTIR (espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier - refletância total atenuada), com respeito a degradação potencialmente atribuída as condições ambientais, parece permanecer praticamente intacto por aproximadamente 15 (quinze) anos e depois disso observa-se uma diminuição significativa dos grupos funcionais nativos (IOAKEIMIDIS et al., 2016; SILVA et al., 2013).

No âmbito de coletar dados sobre uma alternativa para degradação acelerada do PET e sugerir formas de diminuir o tempo de permanência deste PET pós-consumo descartado no ambiente, consequentemente reduzindo seu impacto ambiental, este trabalho tem como objetivo principal avaliar o efeito termo-oxidativo que ocorre em garrafas PET pós consumo expostas a diferentes temperaturas, exposto ao ar e a pressão ambiente. A pesquisa fará uso da técnica de espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) para verificar a estrutura do PET antes e após os ensaios.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O PET foi conhecido por muitos anos como simplesmente "poliéster" e somente na forma de fibra. A primeira síntese do PET se deu em 1941 por J.T. Dickson e J. W. Whinfield, em um pequeno laboratório inglês, porém a síntese do polímero com massa molar alta foi em 1942, com potencial reconhecido na época para aplicações como fibra. No decorrer da guerra foram feitos estudos secretos sobre este, no final algumas empresas já possuíam o direito de fabricação em todo o mundo. (ROMÃO et al., 2009)

Nos anos 50, sua produção dedicou-se principalmente à indústria têxtil, puxada pela Dupont. Nos anos subsequentes houve um grande desenvolvimento tecnológico na fabricação e aplicação do polímero, com um grau de sofisticação em um leque de filmes para os fins mais variados. Como material de embalagem, o filme de PET biorientado tornou-se disponível nos anos 60, com grande aceitação para acondicionamento de alimentos (ROMÃO et al., 2009). Na mesma década, a Goodyear introduziu o novo termoplástico no auxílio da confecção de pneus.

Em 1973, o processo de injeção e sopro com biorientação desenvolvido pela DuPont introduziu o PET na aplicação como garrafa, o que revolucionou o mercado de embalagem, principalmente o de bebidas carbonatadas. O PET grau garrafa, entretanto, apenas se tornou disponível no Brasil, em 1989. (ROMÃO et al., 2009)

O PET é um dos materiais de embalagem, assumindo forma de filmes, lâminas, revestimentos e garrafas, de maior sucesso nas últimas décadas e com uma das maiores taxas de

crescimento na aplicação devido as suas características peculiares e versatilidade. Ele é um plástico de engenharia e possui uma excelente combinação de propriedades como: rigidez, tenacidade, isolamento elétrica, alta resistência ao calor, estabilidade química e dimensional, o que permite a sua vasta aplicação (KOROLKOV et al., 2014). Também é usado como materiais de construção civil (GUERRA et al., 2017), pois em decorrência à sua temperatura de fusão alta (aproximadamente 250°C) e ao valor de sua transição vítrea (aproximadamente 70°C), este material conserva suas propriedades mecânicas boas em temperaturas superiores a 175°C. Este polímero pertence à família dos poliésteres e estes são materiais que podem ser produzidos pela polimerização de um ácido dicarboxílico e um glicol ou um bifenol (álcool dihidroxilados) com eliminação de água. São polímeros de cadeia heterogênea aromática e que tem grupo éster constituinte (R-CO-O-R'). A sequência alifática "R" (aberta, não cíclica) e o oxigênio na cadeia principal são responsáveis pela flexibilidade a temperatura ambiente, porém o grupo benzênico "R" "fornece rigidez, além de razoável interação eletrônica entre os anéis benzênicos vizinhos. (CHEN et al., 2015; ROMÃO et al., 2009)

O consumo de produtos plásticos ao longo dos anos vem produzindo grande número de resíduos desse material os quais se acumulam pelos aterros gerando problemas ambientais consideráveis (LINS et al., 2018; SIMÃO et al., 2017; FERREIRA; JUCÁ, 2017; SILVA et al., 2018). De acordo com a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE), entre as principais desvantagens dos plásticos são que em sua maioria, são não biodegradáveis e levarem mais de 100 anos para serem completamente degradados pela natureza. Além disso, sua produção geralmente emite gases poluentes ao meio ambiente e é dependente do petróleo, um recurso natural do planeta não renovável.

No Brasil, a reciclagem de PET é uma das mais desenvolvidas no mundo tendo a maior variedade de aplicações, e é uma atividade em constante crescimento (CONCEIÇÃO et al., 2016; MARIS et al., 2018; SILVA et al., 2016; FONTES, 2014). Em 2016 foram coletadas 331 mil toneladas de embalagens de PET. A correta destinação de cada uma dessas garrafas foi garantida, sendo totalmente recicladas e utilizadas em novos produtos.

O maior impedimento para o crescimento da reciclagem no Brasil é a alta carga tributária que incide sobre a matéria-prima reciclada, onde o imposto sobre os produtos industrializados (IPI) reciclados (12%) é superior ao cobrados sobre a resina virgem (10%). A aplicação do PET pós-consumo na indústria têxtil (43 wt. %) impulsiona o crescimento na sua reciclagem (DUARTE et al., 2016). No Brasil não é encontrada uma aplicação mais nobre para esse material, que apresente propriedades de engenharia e preço de commodity. Apesar do amplo mercado consumidor, a indústria de reciclagem de PET está no limiar de uma nova fase, onde o PET pós-consumo poderá ser aplicado para a fabricação de novas embalagens de alimentos e bebidas, ampliando ainda mais o mercado consumidor deste material. (ROMÃO et al., 2009)

Futuramente novas tecnologias de limpeza do PET reciclado serão implementadas no cenário comercial brasileiro. Com o aval da legislação, existe uma grande expectativa que o Brasil atinja o maior índice de reciclagem mecânica no cenário mundial devido à expansão do mercado consumidor do PET pós-consumo. Isso se deve ao fato do Brasil possuir um grande segmento do mercado de plásticos destinado à indústria de embalagens e de alimentos.

A degradação termo-oxidativa ocorre na presença de calor e oxigênio, resultando na formação de grupos cromóforos os quais são responsáveis por variações de cor. O PET reprocessado varia de cor tornando-se amarelo escuro e marrom, conforme o tempo de aquecimento. A degradação termo-oxidativa do PET durante o seu reprocessamento é um fenômeno indesejável e deve ser evitada quando boas propriedades ópticas são exigidas, como por exemplo, em embalagens transparentes de bebidas. Edge et al. estudaram a degradação termo-oxidativa do PET a uma temperatura de 300°C durante o período de 24 horas. Através de técnicas de UV-visível, infravermelho e fosforescência, eles observaram a formação de espécies quinonas e ésteres insaturados a partir da hidroxilação do anel aromático. Estilbenoquinonas (1,2-

difenilenoquinona) também podem ser formadas pela descarboxilação direta, seguido por recombinação e oxidação radicalar. (KOSCHEVIC et al., 2016; ROMÃO et al., 2009)

METODOLOGIA

Considerando o apresentado, utilizou-se garrafas PET pós consumo, como instrumento de avaliação, para ensaiar, avaliar e determinar condições de degradação termo-oxidativa acelerada destas embalagens. Foram avaliadas 10 (dez) tipos de amostras de garrafas PET pós consumo, utilizadas na região metropolitana do Recife (RMP), de água mineral (500mL), das quais: 2 (duas) de água com gás e 8 (oito) sem gás; 7 (sete) cristal incolor e 3 (azul). As amostras das garrafas foram identificadas com letras do alfabeto, de A a J, e foram aquecidas expostas ao ar e a pressão ambiente.

Um micrômetro da marca Mitutoyo, modelo PB-1A, foi utilizado para aferir as espessuras. As garrafas foram cortadas ao meio, na vertical, e as espessuras médias foram obtidas por 6 (seis) medidas por garrafa, 3 (três) em cada banda, onde: 1 (uma) próxima a base, 1 (uma) no centro e 1 (uma) próxima ao gargalo.

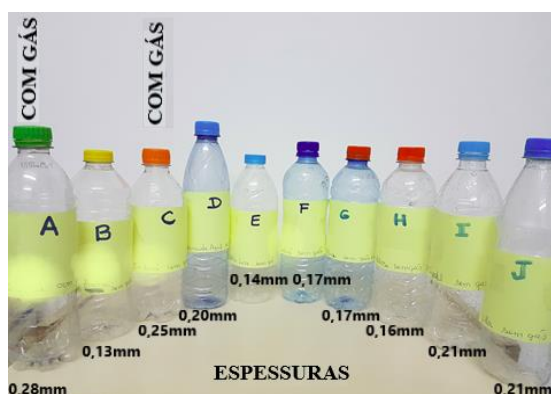
O aquecimento das amostras foi realizado no Laboratório de Materiais Poliméricos e Caracterização, do Departamento de Engenharia Química, da Universidade Federal de Pernambuco (LMPC-DEQ-UFPE), em uma estufa que possui circulação de ar, da ABC LABOR. As amostras foram cortadas nas dimensões de 2cm x 2cm e aquecidas durante 24 horas, nas temperaturas de 50°C e 90°C.

Análises de FTIR foram realizadas nas amostras controle e aquecidas (50 e 90 °C). O espectrofotômetro utilizado está locado no Laboratório de Polímeros e Nanoestruturas, do Departamento de Energia Nuclear, da Universidade Federal de Pernambuco (LPN-DEN-UFPE). As análises foram realizadas pela técnica de Attenuated total reflection (ATR) com 4 cm⁻¹ de resolução e 32 scans, no FT-IR modelo 4600 da Jasco. Foram feitas análises multivariadas exploratórias dos dados espectrais através da Análise de Componentes Principais (PCA, acrônimo do inglês *Principal Component Analysis*), empregando o *software* The Unscrambler versão 9.7 (CAMO Software AS).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espessuras médias, para cada uma das 10 garrafa PET pós-consumo analisadas, foram: A (0,28mm); B (0,13mm); C (0,25mm); D (0,20mm); E (0,14mm); F (0,17mm); G (0,17mm); H (0,16mm); I (0,21mm) e J (0,21mm) (Figura1).

Figura1: Amostras de garrafas PET pós-consumo, descartadas na região metropolitana do Recife, com suas respectivas espessuras médias.



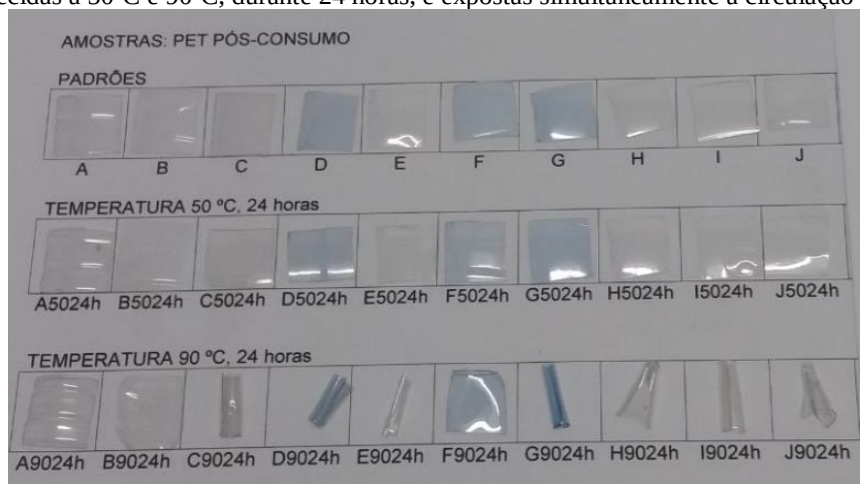
Foram observadas as variações das áreas superficiais das amostras, antes e após as exposições as condições termo-oxidativas (Figura 2). A área superficial de cada amostra antes do aquecimento foi de aproximadamente 4cm². O valor da transição vítrea (T_g), esperada para o

PET, é de aproximadamente 70°C (ROMÃO et al., 2009), no entanto após os aquecimentos das amostras foi possível observar, visualmente, variações nas dimensões superficiais de 2 (duas) das amostras (C e D) expostas a 50°C por 24h. Esta mobilidade nas cadeias indica uma maior sensibilidade as condições termo-oxidativas a qual as mesmas foram expostas.

Durante o aquecimento a 90°C, 7 (sete) das amostras apresentaram uma evidente contração, mostrando que os aditivos que favoreciam a estabilidade térmica, e possivelmente estrutural, já não estavam atuando de maneira eficaz nestas condições experimentais. As amostras C, D, E, G, H, I e J foram as que mais deformaram, se mostrando mais sensíveis a exposição termo-oxidativa. Neste caso, provavelmente os estabilizantes secundários não estão mais conseguindo prevenir as reações de degradação termo-oxidativa do PET. Estes estabilizantes são a base de fósforo e normalmente são adicionados com os catalisadores durante o processamento e reproprocessamento do PET, com a finalidade de prevenir reações de degradação termo-oxidativa, inibindo a etapa de propagação e transformação do o grupo hidroperóxido em produtos não radicalares. (De PAOLI, 2008)

As amostras B e F se mostraram menos sensíveis ao aquecimento a 90°C, porém apresentaram comportamento semelhantes ao das amostras C e D aquecidas a 50°C. Enquanto a amostra A foi a que apresentou a maior resistência as condições termo-oxidativas experimentais, aparentemente não indicando variação dimensional.

Figura 2: Comparação entre amostras padrão (controle) de garrafas PET, pós consumo, e amostras aquecidas a 50°C e 90°C, durante 24 horas, e expostas simultaneamente a circulação de ar.



A retração de 70% das amostras a uma temperatura de 90°C (relativamente baixa, quando comparada à temperatura de fusão do PET (~280 °C)), pode ser utilizada como opção para redução do volume ocupado por estas garrafas descartadas ao meio ambiente. Sendo extremamente vantajoso se compararmos com os custos da energia que seria utilizada com a reciclagem por incineração (libera gases poluentes e tóxicos) ou mecânica (desperdício e contaminação dos recursos hídricos). Além de que, esse aquecimento que promove a mobilidade das cadeias, pode facilitar a degradação deste polímero reduzindo seu tempo de degradação e consequentemente de deposição no ambiente.

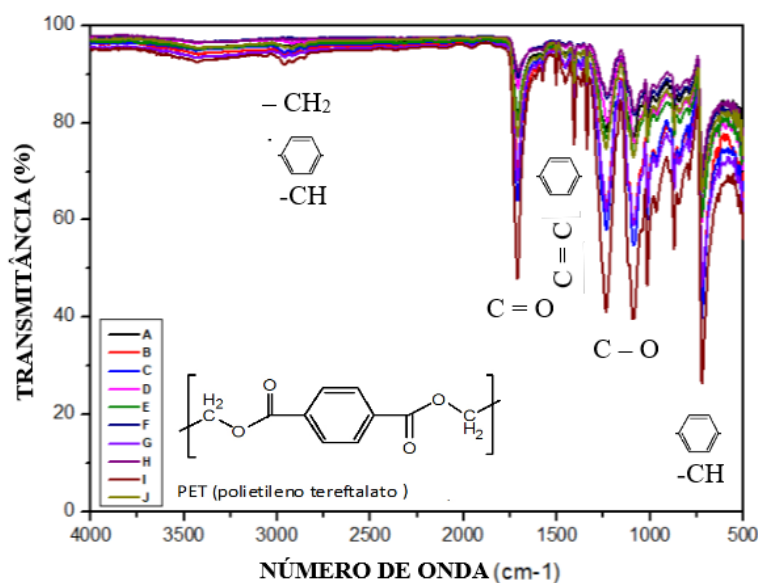
Avaliando as variações dimensionais focando nas espessuras, as amostras com maiores espessuras médias A (0,28mm) e C (0,25mm) que são utilizadas para acondicionar água mineral com gás apresentaram comportamento divergentes: a amostra C se mostrou sensível já a temperatura de 50°C enquanto a A manteve-se mais resistente até 90°C. Enquanto as amostras B (0,13mm) e F (0,14mm), de menores espessuras médias, apresentaram uma boa resistência a ambas as condições termo-oxidativas. Sendo assim, as observações mostram que a espessura da garrafa não é o fator mais relevante para interferir na sensibilidade termo-oxidativa do PET pós-

consumo, o tipo de aditivo e suas concentrações é que vão determinar a capacidade termo-degradativa deste material.

A análise do comportamento das amostras que apresentavam corante azul, garrafas D, F e G, sugere que a presença deste corante não deve estar influenciando na sensibilidade das amostras, visto que: o PET da garrafa D se apresentou sensível às condições de termo-oxidação a 50°C, enquanto F e G foram resistentes; durante a exposição a 90°C, a amostra F permaneceu resistente enquanto D e G foram sensibilizadas apresentando grandes variações dimensionais.

A avaliação por espectroscopia na região do infravermelho, FTIR, nos permitiu observar melhor se a presença dos aditivos, mesmo em uma proporção muito baixa em relação à resina de PET, pode estar interferindo na capacidade deste material resistir às condições experimentais, tornando o PET mais resistente a um possível efeito termo-oxidativo. Foram comparadas todas as amostras controle (padrão), por FTIR, e a observação dos espectros indicou que independente do fornecedor, da presença de corantes, do dimensionamento das garrafas para acondicionar água mineral com ou gás, ou dos aditivos presentes em sua composição, o comportamento espectroscópico mostrou que todas são similares (Figura 3). Foram observadas as bandas características, para o PET, em: 2850-3000 cm^{-1} atribuídas ao grupo $-\text{CH}_2$ (estiramentos simétricos das ligações $-\text{CH}$); 1720 cm^{-1} da vibração da carbonila ($\text{C}=\text{O}$); 1242, 1120 e 1050 cm^{-1} das vibrações do $\text{C}-\text{O}$; em 1240 e 1092 cm^{-1} são das bandas estiramentos $\text{C}-\text{C}-\text{O}$ e $\text{O}-\text{C}-\text{C}$. A presença do anel benzênico no polímero pode ser identificada pela vibração de deformação do grupo $=\text{C}-\text{H}$, observado a 3049 cm^{-1} ; do grupo $\text{C}=\text{C}$ a 1503-1598 cm^{-1} ; e a faixa entre 650 e 900 cm^{-1} que também é característica dos anéis benzênicos ($\text{C}-\text{H}$ das vibrações das estruturas do anel aromático). (NASEF, 2002; CHEN et al., 2012).

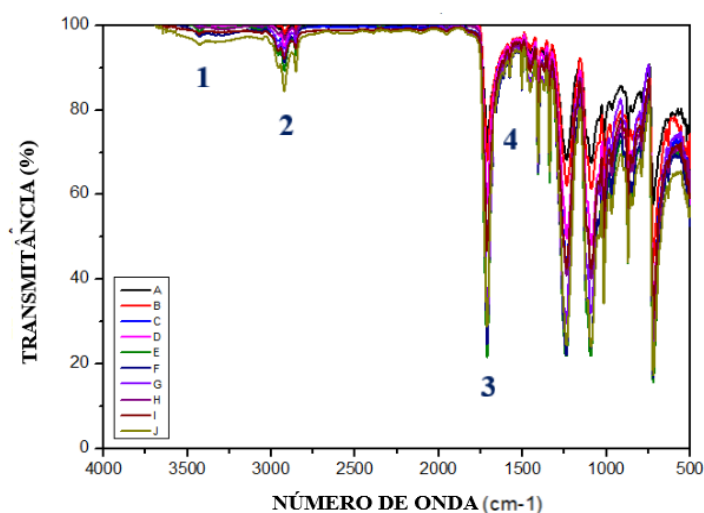
Figura 3: Espectros de FTIR, de amostras de garrafas PET pós-consumo, utilizadas para acondicionamento de água mineral com e sem gás.



Por se tratar de componentes adicionados em concentrações muito reduzidas, e também pela impossibilidade de visualizar pelo FTIR, a presença de aditivos (estabilizantes e corantes) pois os mesmos poderiam ser confundidos com picos de base e ruídos intrínsecos ao equipamento de FTIR, foi realizada a análise multivariada exploratória dos dados espectrais através da Análise de Componentes Principais (PCA). Os resultados obtidos, com os dados brutos ou pré-processados, também não apontaram diferenças entre os espectros de FTIR das amostras. Sugerindo que os aditivos não estão agindo de forma a modificar o comportamento da estrutura do PET antes da termo-oxidação.

O PET é susceptível à degradação térmica, especialmente na presença de água e/ou oxigênio. Seus principais produtos de degradação são o acetaldeído, o benzoato de vinila, o ácido tereftálico, o ácido 4-formilbenzóico e os dímeros lineares. Como produtos secundários de degradação, podem ser citados o monóxido de carbono, o etileno, a cetena, o 1,4-dioxano, o tolueno, o benzaldeído, o tereftalato de divinila, o ácido benzóico e oligômeros cíclicos com até três unidades méricas. (GARCIA et al., 1997). Avaliando os espectros de FTIR das amostras submetidas a 50°C, não foram observadas variações, no entanto a 90°C (Figura 4) se observa: aumento sutil na região do grupo hidroxila (OH) em aproximadamente 3400 cm⁻¹ (1); aumento evidente dos picos na região de 2850-3000 cm⁻¹ atribuídas ao grupo – CH₂ (2); aumento da intensidade do pico da carbonila (3); e não apresentou variação e nem surgimento de novos picos em 1560 e 1410 cm⁻¹ (4) região das bandas dos grupos fenil e metileno. Esse comportamento sugere que a termo-oxidação foi efetiva, gerou o aparecimento de grupos hidroxila (OH) e carbonila (C=O), evidenciando a degradação do PET. Como não foi perceptível a variação dos picos na região 4 (Figura 4), podemos sugerir que as estruturas benzênicas se mantiveram conservadas para estas condições de avaliação. Sendo assim, todas as estruturas adivindas da degradação do benzêno, citadas por Garcia (1997), podem ser desconsideradas nesta avaliação, pelo menos até que outras forma de caracterização seja utilizada para análise destes materiais.

Figura 4: Espectros de FTIR, de amostras de garrafas PET pós-consumo, utilizadas para acondicionamento de água mineral com e sem gás, aquecidas a 90°C, expostas ao ar, por 24 horas.



Para Edge et al., 1996, estudou e caracterizou, por técnicas de UV-visível, infravermelho e fosforescência, a degradação termo-oxidativa do PET a uma temperatura de 300 °C durante o período de 24 horas. Eles observaram a formação de espécies quinonas (banda no FTIR em 1650-1660 cm⁻¹) e ésteres insaturados (duas bandas no FTIR em 1.200 - 1.275 cm⁻¹ e 1.020 - 1.075cm⁻¹) a partir da hidroxilação do anel aromático (banda no FTIR em 1.200 cm⁻¹). Com relação a termo-oxidação promovida no nosso material avaliado, o não deslocamento e nem surgimento de pico de C=O no espectro, em 1650-1660 cm⁻¹, o que sugere a não formação de espécies quinonas. Para as outras espécies, citadas por Edge et al., suas respectivas bandas surgiriam nas regiões onde já existiam bandas características do PET, não sendo possível determinar por esta técnica se as mesmas foram formadas.

CONCLUSÕES

A espessura das garrafas PET não são relevantes para influenciar na degradação do PET pós-consumo avaliado, bem como a coloração e o tipo de água acondicionada nas garrafas. A termo-oxidação a 50°C não foi considerada efetiva, pois apenas 20% do material avaliado apresentou variação dimensional. Nestas condições experimentais não foi possível perceber por espectroscopia FTIR se ocorreram variações estruturais no PET. A 90°C, se evidenciou que a degradação termo-oxidativa ocorreu efetivamente em 90% das amostras avaliadas.

Os resultados mostram que o aquecimento a 90°C, do PET pós-consumo e sob atmosfera de ar, promove a aceleração de sua degradação. A retração das amostras e sua oxidação durante este processo pode servir como proposta de utilização destas condições para acelerar a degradação de garrafas PET descartadas ao ambiente. Teremos também, como possível contribuição: a redução no tempo de degradação deste material descartado; diminuição no tempo de ocupação e do volume destas embalagens nos aterros sanitários; diminuição do consumo de energia por conta da redução do número de reciclagens que seriam necessárias para retirada deste material do ambiente.

REFERÊNCIAS

CHEN, T. ; ZHANG, W.; ZHANG, J. **Alkali resistance of poly(ethylene terephthalate) (PET) and poly(ethylene glycol-co-1,4-cyclohexanedimethanol terephthalate) (PETG) copolyesters: The role of composition.** *Polymer Degradation and Stability*, v. 120, p. 232-243, 2015.

CHEN, Z. Y.; HAY, J. N.; JENKINS M. J. **FTIR spectroscopic analysis of poly(ethylene terephthalate) on crystallization.** *European Polymer Journal*, v. 48, n. 9, p.1586-1610, 2012.

CONCEIÇÃO, R. D. P. DA et al. **A cadeia de reciclagem de pet pós-consumo e as definições de suas etapas: um estudo de caso no Rio de Janeiro.** *Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)*, n. 39, p. 80–96, 2016.

DE PAOLI, M. A. “Degradação e Estabilização de Polímeros”, *Artliber*, p. 2,31-33 e 162, 2008.

DEWIL, R.; EVERAERT, K.; BAEYENS, J. **The European plastic waste issue: trends and toppers in its sustainable re-use.** *Proceedings of the 17th International Congress of Chemical and Process Engineering*, 27–31 August, Prague, Czech Republic, 2006.

DUARTE, I. S. et al. **Chain extension of virgin and recycled poly(ethylene terephthalate): Effect of processing conditions and reprocessing.** *Polymer Degradation and Stability*, v. 124, p. 26–34, 2016.

DUARTE, L.T. et al. **Production and characterization of thermally sprayed polyethylene terephthalate coatings.** *Surface and Coatings Technology*, v. 182, n. 2-3, p. 261–267, 2004.

EDGE, M.; WILES, R.; ALLEN, N.S.; MCDONALD, W.A.; MORTLOCK, S.V. “**Characterisation of the Species Responsible for Yellowing in Melt Degraded Aromatic Polyesters – I: Yellowing of Poly(ethylene terephthalate)**”, *Polymer Degradation and Stability*, v. 53, p. 141-151, 1996.

FERREIRA, C. F. A and JUCA, J. F. T. Metodologia para avaliação dos consórcios de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2017, v.22, n.3, p.513-521.

FONTES, A. T. M. **Desvendando a logística reversa de embalagens Pet no Brasil: uma análise da legislação e da Percepção de especialistas**, 142 f.; Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) — Universidade Federal da Bahia, 2014.

GARCIA, E. E. C. “**Você Conhece o Lado Químico do PET?**”, *Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens*, v. 9, n. 4, p. 1-3, 1997.

GUERRA, A.S.; ROCHA, E.R.D.; OKABAYASHI, J.Y. **Estudo de viabilidade técnica para a reutilização de Polietileno Tereftalato (PET) residual em substituição ao agregado miúdo no concreto.** *Mix Sustentável*, Florianópolis, v.3, n.3, p.35-40, 2017.

GREGORY, M. R.; ANDRADY, A. L. **Plastics in the Marine Environment.** *Plastics and the Environment*, p. 379–401, 2004.

HALDEN, R.U. **Plastics and Health Risks.** *Annual Review of Public Health*, v. 31, n. 1, p. 179–194, 2010.

HOPEWELL, J.; DVORAK, R.; KOSIOR, E. **Plastics recycling: challenges and opportunities.** *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 364, n. 1526, p. 2115–2126,

2009.

IOAKEIMIDIS, C. et al. **The degradation potential of PET bottles in the marine environment: An ATR-FTIR based approach**. Scientific Reports, v. 6, n. 1, 2016.

KOROLKOV, I.V.; MASHENTSEVA, A.A.; GÜVEN, O.; NIYAZOVA D.T.; BARSBA, M.; ZDOROVETS, M.V. **The effect of oxidizing agents/systems on the properties of track-etched PET membranes**. Polymer Degradation and Stability, v. 107, p. 150-157, 2014.

KOSCHEVIC, M.T.; BITTENCOURT, P.R.S. **Meio ambiente e materiais poliméricos: Breves considerações com ênfase ao Politereftalato de Etileno (PET) e processos de degradação**. Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia, v. 2, n. 14, p. 60-80, 2016.

LINS, E. A. M.; LINS, C. M. M. S.; SANTOS FILHO, A. G. N. **Contaminação de lençol freático por lixiviado de aterros de resíduos urbanos**. Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais, Gampe/UFRPE, Recife, 1ª edição, p. 507-520, 2018.

MANCINI, S. D.; FRATTINI, G.; ZANIN, M. **“Reciclagem como alternativa viável para a minimização dos resíduos sólidos urbanos”**, 4ª Reunião da Sociedade Brasileira de Pesquisadores Nikkeis, São Carlos, SP, 1996.

MARIS, J.; BOURDON, S.; BROSSARD, J.-M.; CAURET, L.; MONTEBAULT, V. Mechanical recycling: Compatibilization of mixed thermoplastic wastes. **Polymer Degradation and Stability**, v. 147, p. 145-266, 2018.

MONTENEGRO, R. S. P.; MONTEIRO FILHA, D. C.; PAN, S. S. K. **Resina PET para Recipientes**, BNDES Setorial, São Paulo, 1996.

MOURA, R. G.; LOPES, P. L.; SILVA, L. V.; BALDEZ, P. P.; **Logística Reversa das Garrafas Pet, sua Reciclagem e a Redução do Impacto Ambiental**, XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, agosto de 2015.

NAPPER, I.; THOMPSON, R. **Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions**. Marine Pollution Bulletin, v. 112, n. 1-2, p. 39-45, 2016.

NASEF, M. M. Structural investigations of poly (ethylene terephthalate)-graft-polystyrene copolymer films. **Journal of applied polymer science**, v. 84, n. 10, p. 1949-1955, 2002.

NASCIMENTO, C. R.; PACHECO, E. B.; DIAS, M. L. **Revista de Química Industrial**, v. 706-707, p. 14-21, 1996.

NORTH, E. J.; HALDEN, R. U. **Plastics and environmental health: the road ahead**. Reviews on Environmental Health, v. 28, n. 1, p. 1-8, 2013.

ROMÃO, W.; SPINACÉ, M. A. S.; DE PAOLI, M. A. **Poli(Tereftalato de Etileno), PET: Uma Revisão Sobre os Processos de Síntese, Mecanismos de Degradação e sua Reciclagem**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 19, nº 2, p. 121-132, 2009

SIMÃO, N. M.; NEBRA, S. A.; SANTANA, P. H. M. **A educação para o consumo sustentável como estratégia para redução de resíduos sólidos urbanos**. Resíduos sólidos: Abordagens Práticas em Educação ambiental, Gampe/UFRPE, Recife, 2ª edição, p. 173-182, 2017.

SILVA, C. O.; SANTOS, G. M.; SILVA, L. N. **A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET, v. 13, n. 13, p. 2683- 2689, 2013.

SILVA, R. C. P.; BEZERRA, R. P. Lins; EL-DEIR, S. G.; JUCÁ, J.F.T. **Avaliação do modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Recife, Pernambuco**. Resíduos sólidos: O desafio da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos face aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, Gampe/UFRPE, Recife, 1ª edição, p. 249-259, 2016.

SILVA, R. C. P. da ; JUCA, J. F. T. ; EL-DEIR, S. G. Correlação da Renda e Geração de Resíduos Sólidos nos Setores de Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares da Cidade de Recife/PE, Brasil. In: Daniel Pernambucano de Mello; Soraya Giovanetti El-Deir; Rodrigo Cândido Passos da Silva, João Paulo de Oliveira Santos. (Org.). **Resíduos Sólidos: gestão pública e privada**. 1ed.Recife: Edufrpe, v . 1, p. 331-343, 2018.

SAUD, F. D.; FARIAS FILHO, J. R.; QUELHAS ,O. L. G. **Análise dos processos de recuperação das embalagens PET - Uma Contribuição da Logística Reversa**.Revista Espacius, v. 37, n. 18, p. 1– 16, 2017.

SOUHRADA, L. **Reusables revisited as medical waste adds up. Hospitals**. 1988.

SUL, J. A. I.; COSTA, M. F. **The present and future of microplastic pollution in the marine environment**. Environmental Pollution, v. 185, p. 352–364, 2014.

TYNDALL, J. XXIII. **On the absorption and radiation of heat by gases and vapours, and on the physical connexion of radiation, absorption, and conduction. The bakerian lecture**. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, v. 22, n. 146, p. 169–194, 1861.

WAGNER, M. et al., **Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know**. Environ. Sci. Eur. v.26, n.1, 2014.

WRIGHT, S. L.; THOMPSON, R. C.; GALLOWAY, T. S. **The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review**. Environmental Pollution, v. 178, p. 483–492, 2013.

2.6. ENVELHECIMENTO AMBIENTAL DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS: *REVIEW*

FELIPE, Renata Carla Tavares dos Santos
Instituto Federal Rio Grande do Norte (IFRN)
renata.felipe@ifrn.edu.br

DOMINGOS, Yldeney Silva
IFRN
yldeney@yahoo.com.br

FELIPE, Raimundo Nonato Barbosa
IFRN
raimundo.felipe@ifrn.edu.br

RESUMO

Os compósitos poliméricos são formados por matriz polimérica e reforço, possuem variadas aplicações, como, por exemplo, nas indústrias aeroespacial, civil e mecânica; e apresentam comportamento mecânico em função dos elementos que fazem parte de sua composição e das suas condições de serviço. Esses materiais, quando expostos à radiação ultravioleta, temperatura, umidade excessiva, agentes oxidantes e poluentes atmosféricos, apresentam envelhecimento ambiental, logo, sofrem perdas das suas propriedades mecânicas. Portanto, devido ao envelhecimento ambiental apresentado, ocorre a geração de resíduos e, se o descarte destes não ocorrer de maneira ambientalmente correta, afetará negativamente o meio ambiente e a sociedade. Diante disso, este artigo constitui-se de uma revisão de trabalhos publicados sobre o tema “envelhecimento ambiental de compósitos poliméricos”, no período de junho de 1992 a fevereiro de 2018, a partir de consultas nas bases de dados *ScienceDirect*, *Scopus* e bibliotecas virtuais, as quais possibilitaram coletas de trabalhos e avaliação dos fatores ambientais citados acima, atendendo para como eles causam influência no comportamento mecânico dos compósitos poliméricos, de modo a alterar a sua capacidade de atuar como elemento mecânico, podendo até levar à sua deterioração completa e, com isso, gerar resíduos ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Plástico reforçado, Degradação, Comportamento mecânico.

INTRODUÇÃO

Com os avanços tecnológicos e as constantes buscas por materiais que desempenhem melhor suas funções com durabilidade e eficiência, os compósitos apresentam-se enquanto alternativa viável neste cenário. Assim, ao atender aos requisitos ambientais da atualidade, as indústrias buscam utilizar e desenvolver materiais oriundos de recursos renováveis, com intuito de promover a sustentabilidade também nos processos e nas atividades industriais (GOLEWSKI, 2018).

Nesse sentido, entende-se o compósito como o material que consiste em dois ou mais compostos insolúveis em si, que são combinados para formar um material de engenharia útil com certas propriedades que não se encontram nos elementos de forma isolada (ASTM, 2015). A denominação deles é bastante diversificada, o que permite serem reconhecidos como: compostos, compósitos ou conjugados (DOGAN; ATAS, 2015).

Vale ressaltar que os compósitos são materiais formados por uma matriz e um reforço, no qual as matrizes têm como função principal a transferência das solicitações mecânicas ao reforço e a proteção dele em relação ao ambiente externo. As matrizes são classificadas como metálicas, poliméricas ou cerâmicas, enquanto que os reforços são fibrosos, particulados ou de estrutura laminar (ASTM, 2015). As fibras podem ser naturais (sisal, coco, juta, entre outras), sintéticas (vidro, aramida, poliacetato de vinila, polietileno, polipropileno, entre outras) e metálicas (aço), conforme Campelo (2013).

Devido às suas diversas aplicações, os compósitos, principalmente os poliméricos, cuja matriz é formada por um polímero, têm sido amplamente utilizados na indústria, apresentado vantagens quando comparado aos materiais ditos “convencionais”. A exemplo, tem-se o aço, que é um material convencional do qual o baixo peso é uma das vantagens para o uso de compósitos poliméricos. Estes têm alta resistência específica, alta rigidez específica e alta resistência a ataques de agentes químicos (FELIPE et al., 2017). Dessa forma, assume bastante utilidade nas áreas de aplicação tais como na indústria petroquímica e de gás, pois, nela, há o uso de produtos químicos que podem causar corrosão e deterioração das estruturas com o passar do tempo (LEÃO; TINO; AQUINO, 2015; TINO; AQUINO, 2015).

Assim, a depender da aplicação do compósito polimérico, o estudo de degradação ambiental é bastante importante, uma vez que esta pode ser ocasionada pela variação de temperatura, incidência da radiação solar, poluição e cargas de fadiga, condições estas que levam ao envelhecimento do material, resultando, dessa forma, em perdas das propriedades mecânicas dele. Contudo, na literatura brasileira, poucos são os estudos sistematizados e discutidos sobre o tema do envelhecimento ambiental em relação a compósitos poliméricos. Nesse sentido, o envelhecimento desses compósitos é estudado principalmente do ponto de vista do seu desempenho interfacial. Os processos de envelhecimento em geral são complexos, pois ocorrem sob muitas tensões, de forma simultânea ou sequencial. Essas tensões são de origem elétrica, térmica, mecânica e/ou ambiental (TANAKA, 2002).

Como os compósitos poliméricos se degradam com o uso, há um fator que deve ser considerado, que é o da geração de resíduos. Existe o interesse em reduzir o volume desses materiais e de procurar processos alternativos aos aterros. Em diversos países da União Europeia, por exemplo, há esforços legais para diminuir a porcentagem deles, que são destinados a aterros sanitários, permitindo que ocorra um desenvolvimento acelerado de alternativas diversas para o seu uso. (GUTIERREZ-GOMEZ, TONELI, PEREIRA NETO, 2017). No entanto, embora a geração de resíduos seja um dos grandes problemas que contribuem para a degradação do meio ambiente, no Brasil, somente no ano de 2002 o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) aprovou a Resolução nº 313, que dispõe da obrigatoriedade do inventário nacional de resíduos sólidos industriais, porém, poucos estados do país atendem a essa resolução (BRASIL, 2002). Assim, a falta de locais adequados para o descarte ou a indicação de formas de seu reaproveitamento não são os únicos problemas na gestão dos resíduos. Uma das principais

questões da má gestão se inicia nas indústrias que, ainda de forma insuficiente, têm tentado adequar seus processos produtivos para a redução e para o reaproveitamento de matérias primas. (SILVA et al., 2017).

Vale ressaltar que um dos maiores geradores de resíduos sólidos é a indústria de plástico, especificamente a automobilística que, no Brasil, está na sexta posição do mundo quando se trata de fabricação de automóveis. Hoje em dia, cerca de 15% dos itens que fazem parte dos carros são fabricados a partir do plástico, com uma perspectiva de acréscimo de até 2030 (aproximadamente 30%), logo, já se prevê, com isso, um aumento da geração desses resíduos (ORTH; BALDIN; ZANOTELLI, 2014). O consumo excessivo de bens atrelado à falta de infraestrutura urbana tem sido responsável por causar inúmeros problemas de degradação e poluição ao meio ambiente, configurando-se num processo potencial de impacto ambiental. (SANTOS et al., 2018).

Além disso, o atrativo para o uso de compósitos poliméricos ocorre devido ao seu peso, uma vez que um automóvel, ao fazer uso desse material, tem uma redução em seu peso de aproximadamente 50%. No entanto, um dado ainda preocupante diz respeito à geração de resíduos, tendo em vista que a indústria de plástico reforça-os com fibras de vidro (PRFV), pois ela gera, em média, por ano, 13 mil toneladas de resíduos, das quais grande parte vai para os aterros sanitários (ORTH; BALDIN; ZANOTELLI, 2014). Segundo Lins et al. (2017), a busca por soluções na área de resíduos reflete a demanda da sociedade, que é pressionada por mudanças motivadas pelos elevados custos socioeconômicos e ambientais. Se manejados adequadamente, os resíduos sólidos adquirem valor comercial e podem ser utilizados em forma de novas matérias-primas ou novos insumos.

Há de convir que o uso do plástico e, em específico, dos reforçados, é algo que não pode deixar de fazer parte da realidade mundial. Esse material é utilizado em grandes projetos, como na indústria automobilística, na construção civil, no transporte de cargas e de passageiros, dentre outros. Como exemplos dos plásticos reforçados, tem-se os carros de fórmula 1; a ponte Severn River Crossing, situada no Reino Unido; e o avião Airbus A-380, cuja asa, a fuselagem, a cauda e as portas são feitas em compósitos poliméricos (MARTINS, 2011; FELIPE RENATA; FELIPE RAIMUNDO; AQUINO, 2012). Dessarte, é propósito deste artigo sistematizar esses trabalhos que tratam da temática de compósitos polimérico e envelhecimento ambiental, já que estes são fatores que podem influenciar na variação das propriedades mecânicas dos materiais, o que os torna, então, possíveis fomentadores para geradores de resíduos sólidos ao meio ambiente.

METODOLOGIA

Diante do exposto, este *review* apresentará, de forma sistematizada, discussões sobre trabalhos desenvolvidos por autores nacionais e internacionais que procuraram estudar os compósitos poliméricos em condições adversas de temperatura, umidade e radiação ultravioleta, de modo a avaliar a perda ou não da sua capacidade de atender às solicitações mecânicas ao longo do seu uso.

Para a elaboração, foram considerados artigos nacionais e internacionais de periódicos qualificados. Assim, pesquisou-se 32 artigos, 3 dissertações e 2 trabalhos publicados em eventos científicos, dos quais foram considerados, para o estudo, apenas os mais significativos e recentes (entre junho de 1992 a fevereiro de 2018). Como metodologia da pesquisa, inicialmente, foi realizado a seleção e o levantamento bibliográfico. Em seguida, os trabalhos foram lidos e analisados para, logo depois, ser estruturado este *review*, de acordo com os fatores ambientais que afetam os compósitos poliméricos. A análise crítica dos trabalhos selecionados será apresentada ao longo do texto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir desta seção, apresenta-se os resultados e as principais discussões sobre os estudos (artigos, dissertações e normas) que entornam a temática do envelhecimento ambiental em

compósitos poliméricos resultantes da revisão da literatura realizada. No entanto, não será apontada uma discussão pormenorizada das referenciais analisadas, mas uma reflexão sobre esse importante tema.

Envelhecimento ambiental de compósitos

Entende-se por degradação de compósitos toda e qualquer degradação de ordem química, física ou mecânica. Parâmetros como radiação ultravioleta (UV), temperatura, agentes oxidantes e poluentes atmosféricos comprometem, de forma severa, os compósitos poliméricos (RODRIGUES; SILVA; AQUINO, 2012; WOO et al., 2008). A utilização deles em ambientes agressivos deu origem a estudos referentes à avaliação do comportamento mecânico destes, quando expostos a condições adversas, tais como temperaturas elevadas e/ou baixas, umidade/água, exposição aos raios ultravioletas (UV), atmosfera salina, presença de microrganismos e tensões mecânicas devido a tensões geradas ao longo do tempo (BERGERET; FERRY; IENNY, 2009).

Se o compósito polimérico for reforçado com fibras naturais, os agentes biológicos, as soluções alcalinas e ácidas, além da absorção de umidade, associados aos outros parâmetros já citados, comportam-se também como fatores que podem ocasionar envelhecimento no material (RODRIGUES; SILVA; AQUINO, 2012).

Sendo assim, a degradação dos compósitos com matriz polimérica ocorre principalmente por três mecanismos: a) a fotodegradação, que é a degradação química induzida pela presença da luz, ocasionando, assim, a deterioração progressiva das propriedades mecânicas e da massa molar, além do aumento da cristalinidade; b) a termomecânica, que corresponde ao mecanismo de cisão de cadeia polimérica através da tensão provocada pela temperatura; e c) os físicos, nos quais há perda das propriedades mecânicas e formação de fissuras (PEREIRA et al., 2014).

O envelhecimento no compósito polimérico, quando em contato com solventes, acontece mediante a difusão das moléculas de água nos poros, pelo processo de capilaridade da umidade na região de falha da interface fibra/matriz e, ainda, por microfissuras existentes na matriz (MOUALLIF, 2014). Alguns estudos realizados sobre esse tema utilizam esses compósitos com os diferentes tipos de reforços e matrizes. Essas pesquisas os submetem ao envelhecimento térmico com ciclos de temperatura diferentes, à absorção de umidade e a radiações ultravioletas e oxidações diversas, com o intuito de avaliar as características mecânicas destes materiais quando expostos a esses agentes de envelhecimento ambiental.

Sabe-se também que os agentes de envelhecimento ambiental não agem de maneira isolada, ou seja, há uma interação entre eles, o que pode causar danos distintos nos compósitos quando apresentados a ambientes que possuem mais de um precursor de degradação ambiental. Dessa forma, a seguir, serão apresentadas partes de alguns trabalhos que foram desenvolvidos sobre o tema, nos quais os autores analisaram o comportamento mecânico de compósitos poliméricos quando expostos a esses agentes. Estas análises aconteceram a partir do contato do compósito com o agente causador do envelhecimento ambiental.

Temperatura

O início da degradação térmica envolve a perda de um átomo de hidrogênio da cadeia do polímero como resultado da entrada de energia como forma de calor ou luz. O polímero instável, que contém um radical livre e um átomo de hidrogênio altamente reativo, com um elétron desemparelhado, reage com a molécula de oxigênio para formar um radical peróxi (ROO*) que pode, em seguida, remover um átomo de hidrogênio de outra cadeia de polímero para formar um hidroperóxido (ROOH) e, assim, regenerar o radical livre, dando sequência ao mecanismo de dano no compósito (DOGAN; ATAS, 2015).

Nesse sentido, o mecanismo de dano no compósito polimérico devido a alterações térmicas pode ocasionar alterações das propriedades mecânicas, tais como variações na resistência à fadiga, resistência à tensão, tensão de cisalhamento, dentre outras. Segundo Fan et al. (2016), o envelhecimento termo-oxidativo (TOA) de polímero envolve o envelhecimento físico e químico. No primeiro, há o relaxamento estrutural do estado vítreo para o equilíbrio metaestável do estado amorfo, acompanhado pelo aumento da temperatura de transição vítrea (T_g) e pelo módulo na matriz. O envelhecimento químico inclui principalmente as mudanças químicas na estrutura do polímero devido à elevada temperatura e pela presença de oxigênio. Dessa forma, a transição vítrea é a transição que um material amorfo ou semicristalino sofre ao sair de sua condição viscosa (elástica) para uma condição vítrea (rígida) ou vice-versa. Nessa transição, ocorrem alterações em algumas características, como coeficiente de expansão térmica e calor específico. Logo, A temperatura de transição vítrea (T_g) é a temperatura (ou faixa de temperatura) média em que ocorre essa transição (LORANDI; CIOFFI; ORNAGHI JUNIOR, 2016).

Ainda no trabalho de Fan et al. (2016), foi analisado o envelhecimento termo-oxidativo de compósitos poliméricos com matriz epóxi e reforço de fibra de carbono, durante um período de 1200 horas a 120 °C. Foi observado o processo de deterioração progressiva da matriz e da interface fibra/matriz, sob a forma de cisão da cadeia, perda de massa, fissuras e oxidação dos elementos que continham carbono. Nesse sentido, a perda de massa ocasionada pelo agente de envelhecimento temperatura no compósito de matriz polimérica ocasiona instabilidade estrutural no material, uma vez que provoca variações dimensionais, deterioração superficial (como exposição do reforço, formação de sulcos e ranhuras na matriz) e interna, como o surgimento de micro e macro fraturas na matriz.

Para a avaliação da influência da variação da temperatura no compósito epóxi/carbono, Peterson et al. (2008) visualizaram que a termoclivagem induz danos no compósito por causa das tensões residuais causadas pela diferença entre os coeficientes de expansão térmico dos componentes do material. Eles submeteram o compósito à exposição de temperaturas abaixo do ambiente e apresentaram, por meio de um modelo de dano micromecânico, a previsão de fraturas no material.

Nessa discussão, os ciclos de temperaturas utilizados no estudo foram os de 121 °C até 25 °C e de 121 °C até -50 °C. Além disso, foi aplicado um modelo em elementos finitos para a determinação das tensões internas provocadas pelos diferentes coeficientes de expansão, e um outro modelo de cisalhamento, para mostrar o espaçamento das fissuras da matriz. Como resultado, foi observado que, em temperaturas mais baixas (-50 °C), a tensão resultante de esforço de tração longitudinal na matriz excede a resistência da matriz epóxi para a maioria dos percentuais de volume de fibras, resultando em fissuras na matriz. Para 25 °C, os modelos mostraram que as tensões internas não são suficientes para a provocar fissuras na matriz (PETERSON et al., 2008).

Quanto à previsão do modelo para cisalhamento, foi observado que há uma dependência da temperatura de serviço com o espaçamento das fendas do compósito. Desta forma, as previsões apresentadas pelos modelos estão em conformidade com os dados experimentais e, assim, o desenvolvimento de danos em compósitos deve ser considerado quando estes forem utilizados em temperaturas baixas (PETERSON et al., 2008). As características higroscópicas da resina e/ou da fibra possibilitam uma maior ou menor absorção de calor para alguns compósitos, o que pode dilatar o volume do material. Este fato pode levar a deficiências na resistência (mecânica, térmica e de degradação) da estrutura quando o compósito for utilizado. Este se degrada quando exposto a temperaturas baixas, moderadas e/ou elevadas. No entanto, a generalização é dificultada uma vez que o tipo de polímero, bem como o processo de fabricação do compósito, também devem ser levados em consideração como fatores a serem equacionados. Como resultado da degradação térmica têm-se a combinação da degradação da superfície e o surgimento de microfendas perpendiculares à superfície, seguida da cisão da cadeia, da difusão do oxigênio na matriz e da difusão de produtos de degradação fora da matriz (DOGAN; ATAS, 2015).

Oxidação

Os mecanismos de foto-oxidação são bastante conhecidos. A oxidação da superfície de um compósito pode indicar o grau de degradação e, assim, as perdas das propriedades mecânicas do material, que muitas vezes podem ser verificadas por meio dos testes de envelhecimento acelerado, que nada mais são do que a exposição do material numa câmara de envelhecimento sob condições controladas de serviço. A oxidação em compósitos poliméricos é, inicialmente, limitada a uma camada superficial até o aparecimento de fissuras na camada externa dele. Essas microfissuras tornam-se novas rotas para o oxigênio penetrar no interior do material e, dessa forma, conduzir a oxidação mais internamente. Como consequência disso, o material sofre danos, como perda de massa e até da eficiência das propriedades mecânicas devido às modificações sofridas na interface fibra-matriz.

Nessa discussão, Tanaka (2002) estudou, isoladamente, as matrizes dos compósitos, com o objetivo de investigar as características e mecanismos de degradação delas. As matrizes estudadas foram polietileno (PE), polietileno tereftalato (PET), sulfeto de polifenileno (PPS) e epóxi. Dessa forma, foi possível observar, neste estudo, que o processo de degradação num polímero segue os seguintes passos: a geração de radicais livres (por tensão elétrica); cisão de cadeias do polímero; formação de regiões degradadas; e progresso da auto-oxidação (TANAKA, 2002).

Além disso, de acordo com Liang, e Pochiraju (2015), laminados expostos em um ambiente oxidante por um determinado período têm variações nas suas estruturas. Uma zona oxidada desenvolve-se e amplia-se para o interior do material a partir da superfície exposta. Assim, ocorre o crescimento da oxidação dependente da ortotropia do material e é esperado que seja mais rápido ao longo da fibra devido à maior difusão do oxigênio nessa direção. Nesse sentido, em um compósito formado por camadas (lâminas), a direção da difusividade do oxigênio acontece ao longo da interface fibra/matriz. Por conseguinte, regiões maiores de degradação são evidentes nas bordas das lâminas por estarem mais expostas ao oxigênio. Logo, as bordas com furos e ranhuras, por exemplo, deverão ser confeccionadas ou protegidas com revestimentos para impedir o mecanismo de aceleração da degradação (LIANG; POCHIRAJU, 2015).

Nos estudos desenvolvidos por Nicholas et al. (2016), a mudança de cor e degradação da estrutura química do compósito termofixo de poliuretano reforçado com fibra de vidro tipo-E foi observada com o aumento do tempo de envelhecimento. Os resultados do estudo mostraram que acima de 500 horas de exposição houve variação de cor de até 70%. Com a foto-oxidação também houve a retração da superfície do polímero de 30 mm à 1.000 h de exposição ao ambiente de envelhecimento acelerado. Com isso, ocorreu o aumento da rugosidade da superfície do compósito em função dessa retração.

Em relação aos processos foto-oxidativos e termo-oxidativos, o primeiro acelera mais o envelhecimento ambiental em compósitos poliméricos, uma vez que os hidroperóxidos responsáveis por esta característica são resultados das etapas de síntese, armazenamento e processamento, e de um menor número de ciclos dos radicais formados até o fim do processo, visto que, no estado sólido, a mobilidade destes radicais é muito menor e, portanto, a probabilidade de se recombinarem é maior (AGNELLI; CHINELATTO, 1992). Nesse sentido, a degradação oxidativa na matriz polimérica dos compósitos geralmente se assemelha a do polímero puro. No entanto, as fibras e a interface fibra-matriz alteram significativamente as propriedades de transporte de oxigênio e anisotropia, além de influenciarem na extensão do dano no interior do compósito (FIAMEGKOU et al., 2014).

Radiação ultravioleta (uv)

A luz ultravioleta da radiação do sol é forte o suficiente para quebrar as ligações covalentes em polímeros orgânicos, causando amarelecimento e fragilização. Segundo Hollaway (2010), todos os polímeros são sensíveis a este tipo de radiação. Nesse sentido, sua fotodegradação ocorre por meio de processos físicos e químicos, dos quais se tem a absorção da radiação ultravioleta por

eles mesmos ou por um grupo que absorve a luz nesta determinada região do espectro (cromóforos), ocasionando algum tipo de perda nas propriedades do material (BRITZKI; FECHINE, 2011). No processo fotodegradativo, são observadas reações de oxidação por variações de temperaturas ou da umidade, nas quais acontecem a ruptura das ligações covalentes, o que permite ocorrer, concomitantemente, a redução da integridade mecânica, o fissuramento, a perda do brilho, a fragilização, a descoloração etc.

Com a avaliação de Fechine (2012), que expôs a radiação UV a compósitos de Poliestireno/Montmorilonita (PS/MMT) reforçados com argila por 12 semanas, verificou-se que os compostos metálicos existentes nela aceleram o processo fotodegradativo do poliestireno. Contudo, estes não alteraram o mecanismo de degradação, uma vez que os produtos gerados durante a exposição à radiação UV das amostras com argila foram os mesmos, ou seja, os grupos carbonila e hidroperóxidos (FECHINE, 2012). Assim, ao avaliar as propriedades mecânicas (tração e impacto) nesse estudo, verificou-se o impedimento físico da penetração da radiação UV nas amostras, uma vez que as camadas internas do material não foram atingidas pela radiação UV. Tal avaliação, por sua vez, foi realizada a partir da análise da massa molar. Com isso, o poder catalisador dos íons metálicos não foi significativo (BRITZKI; FECHINE, 2011).

Por outro lado, o compósito com tecido de fibra de vidro de reforço e a matriz de poliéster, exposto numa câmara de envelhecimento acelerado, foi irradiado por uma lâmpada ultravioleta SJD-1, nos períodos de 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias, configurando-se enquanto objeto de estudo de Hongwang e Huang, em 2010. Assim, foi observado que as propriedades mecânicas e a resistência à flexão e à tensão diminuíram gradualmente sob efeito de radiação ultravioleta prolongada. O processo de corrosão do polímero quando em contato com o oxigênio acelerou-se devido à ação dos raios UV, o que resultou, dessa forma, em um percentual maior de danos no compósito.

Além da penetração da radiação UV no compósito, seja de forma natural ou artificial, outros fenômenos que ocorrem são a reflexão e o espalhamento da radiação na área superficial do material. Desse modo, com a formação dos radicais livres na superfície do compósito e presença do oxigênio, inicia-se o processo catalítico e oxidativo, os quais causam danos progressivos no material. Pillay, Vaidya e Janowski (2009) utilizaram um compósito laminar com matriz de nylon e reforço de tecido de carbono para avaliar a degradação quando este era submetido às variações de umidade e radiação ultravioleta. No entanto, para exemplificar os efeitos do agente de degradação ambiental em relação à radiação UV, será apresentado, em seguida, um recorte do trabalho destes autores.

Na pesquisa, os corpos de prova foram colocados em uma câmara de exposição com 12 lâmpadas fluorescentes que forneciam radiação UV em comprimentos de onda de 200-400 nm. Após 100, 200, 300, 420, e 600 horas, os corpos de prova foram retirados para a realização dos ensaios de flexão, impacto e cristalinidade (PILLAY; VAIDYA; JANOWSKI, 2009). Foi observado, como resultado desse estudo, que o compósito exposto à radiação UV apresentou descoloração após 300 horas e, depois de 600 horas, os corpos de prova ficaram com a coloração amarelada, porém, não havia sinais de calcinação da matriz ou exposição de fibras na superfície do compósito. As amostras mantiveram a sua integridade estrutural, a interface fibra-matriz foi preservada e a cristalinidade aumentou de 40% para 44% devido à exposição aos raios UV. No entanto, isto foi apenas sobre a superfície das amostras. Não houve, dessa forma, alterações significativas nas propriedades de flexão ou impacto do compósito nas condições ensaiadas (PILLAY; VAIDYA; JANOWSKI, 2009). Vale ressaltar que o tempo de exposição, o tipo de matriz e reforço, o uso de agentes de cor, os catalisadores, dentre outros, são determinantes para a avaliação do dano no compósito quando esse sofre ação da radiação UV.

Além disso, foi observado, também, após a submissão a testes de envelhecimento sob a ação da radiação ultravioleta e ciclos alternativos de vapor aquecido, o desgaste da superfície (degradação) no compósito polimérico com matriz de poliéster ortotereftálica reforçado com fibra natural de Licuri. Na degradação da superfície, além da modificação do aspecto visual, isto é,

variação de cor (processo de foto-oxidação), foi possível verificar pequenas e esporádicas ranhuras na matriz, danos que ocorrem na interface fibra/matriz sem exposição das fibras, bem como uma leve perda de massa (LEÃO; TINO; AQUINO, 2015). A degradação superficial do compósito provocada pela radiação UV favorece a entrada e a difusão de umidade no interior do material. Neste caso, a combinação dos efeitos higrotérmicos com a degradação causada pela radiação UV pode afetar significativamente suas propriedades, reduzindo a resistência mecânica e limitando, assim, o uso do material.

Umidade

A absorção de umidade em compósitos reforçados com fibras naturais é bastante acentuada, uma vez que o mecanismo de dano no material, por meio deste agente, afeta diretamente a interface fibra-matriz. Nessa interface, a mobilidade molecular é diferente, devido às densidades distintas dos constituintes do compósito, o que acaba por influenciar na difusão de água e na sua solubilidade no interior dele. As fibras naturais são mais susceptíveis ao envelhecimento ambiental por esse agente, dado o seu caráter hidrófilo, quando comparada às fibras sintéticas. A difusão da água no compósito varia de acordo com o seu coeficiente de difusão. Parâmetros como temperatura, composição de resina e agente de cura afetam o coeficiente de difusão (JOLIFF; BELEC; CHAILAN, 2013). Dessa forma, são aplicados modelos numéricos para estimar a cinética de difusão da água no respectivo material.

Além disso, a degradação em compósitos poliméricos pela umidade ocorre devido à difusão de água para dentro do material, evidenciada pelo inchaço e possível plastificação da matriz polimérica. A difusividade nesses materiais depende da geometria da amostra, do teor de umidade, da temperatura e do tempo de contato (DOGAN, ATAS, C., 2015). Em materiais homogêneos, a cinética de difusão da umidade está relacionada à capacidade máxima de absorção e ao mecanismo de difusibilidade. Porém, nos compósitos, o processo de difusão da umidade depende de cada constituinte que faz parte deste material, das frações volumétricas, do arranjo, da morfologia e, ainda, da interfase fibra/matriz (DANTAS; FELIPE RENATA; FELIPE RAIMUNDO, 2009).

A hidrólise, por sua vez, é caracterizada como um fenômeno de despolimerização, resultante da reação química entre a água, no estado líquido ou gasoso, com as cadeias do polímero. A formação de produtos gerados pela fotocatalise causam alterações na massa molar do polímero, o que pode levar esses materiais à falha estrutural (AQUINO et al., 2010). A reação química entre a água e o polímero ocasiona a cristalização química que altera a cristalinidade e a temperatura de fusão do material com o decorrer do tempo de envelhecimento (BERGERET; FERRY; IENNY, 2009). Assim, essas alterações geram fenômenos tais como: a fragilidade de algumas ligações químicas interfaciais, a hidrofiliabilidade das funções químicas e a presença de mais ou menos macromoleculares na interface ou de um transporte interfacial.

No trabalho desenvolvido por Pereira et al. (2014), foram estudadas as matrizes de Polietileno de alta densidade (PEAD) e Polipropileno (PP). Estes ficaram, por um período de 150 dias, imersos em n-heptano, n-decano, n-tetradecano e tolueno, à pressão atmosférica, com temperaturas de 25, 50 e 80 °C em uma estufa. Como resultados, os autores verificaram que o ganho de massa para o PP foi maior do que o PEAD em todas as temperaturas, sobretudo devido às diferenças morfológicas e químicas, como o grau de cristalinidade e massa molar existente entre os polímeros (PEREIRA, et al., 2014).

Com relação aos solventes utilizados, os resultados mostram que a massa molar deles influenciou na velocidade de sua difusão na matriz polimérica, uma vez que moléculas menores possuem maior facilidade de difusão, seguindo o que preconizam os conceitos sobre coeficiente de difusão e de permeabilidade de soluções. A presença de umidade no compósito pode iniciar mudanças estruturais dentro da matriz, nas fibras e na interface, o que pode provocar uma perda no desempenho mecânico e na diminuição da sua eficácia quando em uso. Com isso, esse agente é algo que deve considerado, uma vez que compromete o desempenho do material, dada a

formação de pequenas fissuras que podem se desenvolver ao longo do tempo, as quais são utilizadas como elementos de absorção da água (MAIA, 2013).

Desse modo, Pereira et al. (2014) e Pillay, Vaidya e Janowski (2009) observaram que a taxa de absorção da umidade e tempo necessário para que o equilíbrio de saturação fosse atingido foram influenciados pela temperatura de envelhecimento. Dessa forma, a combinação de fatores que promovem o envelhecimento ambiental pode provocar danos mútuos, alterando, de maneira concisa, a estrutura do compósito.

Combinação dos agentes de envelhecimento ambiental em compósitos

Os efeitos ambientais causados pela temperatura e umidade relativa do ar podem ser reversíveis quando o período de exposição é de curta duração. Porém, quando a exposição ocorre em ciclos prolongados, em que a combinação da umidade e mudança de temperatura estão presentes, os efeitos produzidos podem ser irreversíveis, dada a afinidade da água por grupos funcionais específicos de matrizes poliméricas de natureza polar.

Costa, Botelho e Pardini (2011) estudaram um compósito de fibra de carbono e matriz termoplástica de polissulfeto de fenileno, que foi condicionado sob imersão dos corpos de prova em banhos de água salina com temperatura controlada a 80 °C e sob emissão de radiação UV por 300, 600 e 900 horas durante 2 meses. No período de exposição, as amostras foram pesadas semanalmente, com o intuito de verificar a degradação do material em até 900 horas de exposição (COSTA; BOTELHO; PARDINI, 2011). Com relação ao condicionamento por UV, essas amostras apresentaram uma redução na resistência ao cisalhamento interlaminar e Iosipescu de 2 e 6% a 300 horas, 11 e 10% a 600 horas e 9 e 14% a 900 horas, respectivamente. Essa redução deve-se, possivelmente, pela ação da radiação ultravioleta, que promove a quebra por foto-oxidação da cadeia principal do polímero, ocasionando, assim, microtrincas na superfície da matriz (COSTA; BOTELHO; PARDINI, 2011).

Nessa perspectiva, é fato que os ensaios de envelhecimento natural se aproximam das condições de uso real do material. No entanto, para visualização de variações das propriedades mecânicas, como, por exemplo, resistência à tração, faz-se necessário um tempo bem maior de exposição quando comparado aos ensaios de envelhecimento acelerado.

No trabalho desenvolvido por Aquino et al. (2010) e Felipe, Renata e Felipe, Raimundo (2012), por sua vez, foi investigado o comportamento mecânico de uma estrutura de compósito polimérico laminar (resina de poliéster), reforçado com fibra de vidro em testes de tração uniaxial quando expostos a condições de envelhecimento acelerado ambiental. Os experimentos foram realizados em laboratório com a utilização de uma câmara de envelhecimento, na qual o compósito foi exposto a três diferentes testes: umidade/temperatura (por vapor aquecido), exposição à radiação UV e ciclos alternados de radiação UV, além do vapor aquecido. Os resultados obtidos a partir da análise do desgaste desse compósito por microscopia eletrônica de varredura mostraram o comparativo do antes e depois da exposição às variações de umidade e temperatura, evidenciando o desgaste na superfície da resina e em pontos isolados. A superfície exposta ao vapor aquecido apresentou desgaste maior, resultante da interação do vapor/resina (RODRIGUES; SILVA; AQUINO, 2012).

Por outro lado, no estudo desenvolvido por Zainuddin et al. (2011), foi analisada a influência do vapor aquecido e da incidência da radiação ultravioleta em compósitos de fibra de vidro/epóxi. A dinâmica de exposição foi, inicialmente, a exposição somente com radiação UV por 4 horas, seguida pelo ciclo combinado de vapor aquecido e radiação UV por 4 horas, além de somente vapor aquecido por 4 horas. Todas as condições foram analisadas em 5, 10 e 15 dias. Na condição de exposição somente com radiação UV, foi observada uma perda gradual de massa com o aumento dos dias de exposição. Além disso, para a condição com ciclo combinado, houve uma perda de massa acentuada com 12 dias de exposição, além da perda da resina, verificada através da microscopia eletrônica. Também foi observada foto-oxidação na superfície na condição

somente com UV e em ciclo combinado após 15 dias de exposição. Em geral, a degradação ambiental no compósito pode ocorrer como resultado da ação de agentes físicos, químicos ou biológicos do meio, ou, ainda, pode ser causada pela combinação destes agentes gerados a partir de distintos mecanismos químicos, biológicos e mecânicos, conforme observado nos estudos analisados anteriormente.

CONCLUSÕES

Conclui-se, a partir das leituras e análises dos trabalhos que foram objeto de discussão ao longo do presente artigo, que é importante a realização de estudos de degradação, haja vista que contribuem para a avaliação do desempenho dos compósitos, apesar desses terem sido realizados em ambientes de envelhecimento acelerado e em condições severas de uso (câmaras de envelhecimento). É perceptível, a partir do levantamento de trabalhos realizado, a modificação das propriedades mecânicas dos compósitos poliméricos, além de variações irreversíveis da estrutura do polímero e na morfologia e/ou composição pelos agentes que causam a degradação ambiental.

Os agentes apresentados compõem somente uma parte dos possíveis agravantes do envelhecimento ambiental em compósitos. Estes, por sua vez, exigem maiores estudos para que seja possível compreender a dinâmica do envelhecimento ambiental para assecuração de uma melhor durabilidade aos compósitos. Percebe-se, ainda, que modificações como descoloração (alterações visuais), instabilidade estrutural na forma de perda de massa (instabilidade dimensional), deterioração microestrutural, dentre outros são efeitos que comprometem as propriedades mecânicas do compósito, afetando sua aplicabilidade em determinados projetos.

Portanto, levar em consideração os efeitos que um material pode sofrer em determinado ambiente é necessário quando há elaboração e desenvolvimento de um projeto. Dessa forma, afeta-se diretamente na escolha do material mais adequado, pois este deve atender, de maneira satisfatória, ao desempenho mecânico em diversas condições operacionais. Acrescenta-se, ainda, que deve-se levar em consideração que estes, uma vez que perdem as suas funções, serão geradores de resíduos sólidos e, com isso, impactarão o meio ambiente quando não lhes for dado um destino adequado.

REFERÊNCIAS

AGNELLI, J. A.M.; CHINELATTO, M. A. Degradação de Polipropileno: aspectos teóricos e recentes avanços em sua estabilização. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. Jul / Set, 1992.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D3878-15: **Standard Terminology for Composite Materials**. USA: ASTM, 2014.

AQUINO, F. G. et al. Estudo do envelhecimento de poliuretanos aplicados na indústria de petróleo. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 20(1), p.33-38, 2010.

BERGERET, A.; FERRY, L.; IENNY, P. (2009). Influence of the fiber/matrix interface on ageing mechanisms of glass fiber reinforced thermoplastic composites (PA-6,6, PET, PBT) in a hygrothermal environment. **Polymer Degradation and Stability**, v. 94, p.1315–1324, 2009.

BRITZKI, L. G. P.; FECHINE, G. J. M. **Fotoestabilização do compósito polipropileno/fibra de vidro “longa”**. In VII Jornada de Iniciação Científica, p.1-18. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2011.

CAMPELO, E. F. **Comportamento mecânico de argamassas reforçadas por fibras sintéticas e metálicas**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2013.

- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 307, 5 jul. 2002. **Diário Oficial da União**, nº 136, 17 jul. 2002, p. 95-96. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 27 fev. 2018.
- COSTA, A. P.; BOTELHO, E. C.; PARDINI, L. C. Efeito da degradação ambiental nas propriedades de cisalhamento de compósitos PPS/fibra de carbono. **Polímeros**. v.21(3), 2011.
- DANTAS, C. M.; FELIPE, R. C. T. S.; FELIPE, R. N. B. Avaliação das propriedades de flexão do compósito plástico reforçado com fibras de vidro quando em contato com diferentes fluidos. In Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2009, Paraná: ABPol, **Anais**.Paraná: ABPol, p. 1– 8, 2009.
- DOGAN, A.; ATAS, C. Variation of the mechanical properties of E-glass/epoxy composites subjected to hygrothermal aging. **Journal of Composite Materials**. v. 0, p.1–10, 2015.
- FAN, W. et al. Influence of thermo-oxidative aging on the thermal conductivity of carbon fiber fabric reinforced epoxy composites. **Polymer Degradation and Stability**, v. 123. p.162-169, 2016.
- FECHINE, G. J. M. Fotodegradação de Compósitos de Poliestireno/Argila Montmorilonita: Efeito do Tipo de Argila e Presença de Sal. **Polímeros**. v.22(1), 2012.
- FELIPE, R. N. B.; FELIPE, R. C. T. S.; AQUINO, E. M. F. Laminar composite structures: Study of environmental aging effects on structural integrity. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, v. 31, p.1455-1466, 2012.
- FELIPE, R. N. B.; FELIPE, R. C. T. S.; BATISTA, A. C. M. C.; AQUINO, E. M. F. Polymer Composites Reinforced with Hybrid Fiber Fabrics. **Materials Research**, 2017
- FIAMEGKOU, E. et al. The effect of thermo-oxidative aging on carbon fiber reinforced cyanate ester composites. **Journal of Composite Materials**, p.1–10, 2014.
- GOLEWSKI, G. L. Green concrete composite incorporating fly ash with high strength and fracture toughness. **Journal of Cleaner Production**. v (172), p.218-226, 2018.
- GUTIERREZ-GOMEZ, A. C.; TONELI, J. T. C. L.; PEREIRA NETO, A. M. Valorização energética dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Santo André, SP: caso de estudo combustão. In: AGUIAR, Wagner José de; EL-DEIR, Soraya Giovanetti; BEZERRA, Raísa Prota Lins (Org.). **Resíduos sólidos: abordagens práticas em educação ambiental**. 2. ed. Recife: EDUFPRPE, p. 243-259, 2017..
- HOLLAWAY, L.C. A review of the present and future utilisation of FRP composites in the civil infrastructure with reference to their important in-service properties. **Construction and Building Materials**. v. 24, p.2419–2445, 2012.
- HONGWANG, Q.; HUANG, G. Mechanical behaviors of glass/polyester composites after UV radiation. **Journal of Composite Materials**. v.45(19), 1939–1943, 2010.
- JOLIFF, Y.; BELEC, L.; CHAILAN, J. F. Modified water diffusion kinetics in an unidirectional glass/fiber composite due to the interphase area: Experimental, analytical and numerical approach. **Composite Structures**. v 97, p.296–303, 2013.
- LEÃO, M. A.; TINO, S. R. L.; AQUINO, E. M. F. Accelerated environmental aging effects in structural integrity of licuri fiber reinforced plastics. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**. v. 34(5), p.351–363, 2015.
- LIANG, J.; POCHIRAJU, K. V. Oxidation-induced damage evolution in a unidirectional polymer matrix composite. **Journal of Composite Materials**. v. 49(11), p.1393–1406, 2015.
- LINS, E.A. M.; MARTINS, A. G. R.; SILVA, B. S.; SILVA, C. F. B. . Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados na rua do lazer: estudo de caso na universidade católica de Pernambuco. In: AGUIAR, Wagner José de; EL-DEIR, Soraya Giovanetti; BEZERRA, Raísa Prota Lins (Org.). **Resíduos sólidos: abordagens práticas em educação ambiental**. 2. ed. Recife: EDUFPRPE, p. 06-14, 2017.

- LORANDI, N. P.; CIOFFI, M. O. H.; ORNAGHI JR, H. Análise Dinâmico-Mecânica de Materiais Compósitos Poliméricos. **Scientia cum indústria**. v. 4 (13), p.48-60, 2016.
- MAIA, M. M. C. R. **Aderência entre alvenaria antiga e materiais compósitos sob condições de degradação ambiental**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia da Universidade do Minho. 2013.
- MARTINS, J. L. M. B. **Manual de Controle de Qualidade e Durabilidade de Estruturas em GFRP**. Dissertação de mestrado. Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2011.
- MOUALLIF, I. Degradation of dynamic mechanical properties of glass fiber reinforced polyester composite pipes after immersion in various temperatures. **Journal of Composite Materials**. v. 48(24), p.3025–3034, 2014.
- NICHOLAS, J. et al. Effects of accelerated environmental aging on glass fiber reinforced thermoset polyurethane composites. **Composites Part B: Engineering**, v. 94, p.370–378, 2016.
- ORTH, C. M.; BALDIN, N.; ZANOTELLI, C. T.A geração de resíduos sólidos em um processo produtivo de uma indústria automobilística: uma contribuição para a redução. **Gestão & Produção**. v.21(2), 2014.
- PEREIRA, T. M. C. et al. Efeito dos Solventes Orgânicos sobre o Comportamento Físico-Químico do Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e Polipropileno (PP). **Polímeros**, v. 24(3), p.300-306, 2014.
- PETERSON, E. C. et al. A micromechanical damage model for carbon fiber composite at reduced temperatures. **Journal of composite materials**. v. 42, p.2063-2082, 2008.
- PILLAY, S.; VAIDYA, U. K.; JANOWSKI, G. M. Effects of moisture and UV exposure on liquid molded carbon fabric reinforced nylon 6 composite laminates. **Composites Science and Technology**, v. 69, p.839–846, 2009.
- RODRIGUES, L. P. S.; SILVA, R. V.; AQUINO, E. M. F. Effect of accelerated environmental aging on mechanical behavior of curaua/glass. **Journal of Composite Materials**. v. 46(17), p.2055–2064, 2012.
- SANTOS, João Paulo de Oliveira; SILVA, Elisson Vinícius Lima; SOUZA, Amanda Lima; EL-DEIR, Soraya Giovanetti. Economia circular como via para minimizar o impacto ambiental gerado pelos resíduos sólidos. In: SILVA, Rodrigo Cândido Passos da Silva et al. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1. Ed. Recife: EDUFRPE, p. 9-17, 2018.
- SILVA, Arícia Fernandes Alves da; SILVA, Débora Grasielly Cipriano da; SANTANA, Clovis Veloso de; SILVA, Juan Deyvson José Camilo da. Adição de diferentes fibras de resíduos vegetais na resistência a compressão axial do concreto. In: BEZERRA, Raísa Prota Lins; AGUIAR, Wagner José de; EL-DEIR, Soraya Giovanetti; (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em industrias e novas tecnologias**. 2. ed. Recife: EDUFRPE, p. 430-438, 2017..
- TANAKA, T. Aging of Polymeric and Composite Insulating Materials Aspects of Interfacial Performance in Aging. **IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation**. v. 9(5), 2002.
- TINO, S. R. L.; AQUINO, E. M. F. Polymer composites: Effects of environmental aging and geometric discontinuity in the isotropic and anisotropic behaviors. **Journal of Composite Materials**, p.1–16, 2015.
- WOO, R. S. C. et al. Environmental degradation of epoxy-organoclay nanocomposites due to UV exposure: Part II residual mechanical properties. **Composites Science and Technology**. v. 68, p.214–2155, 2008.
- ZAINUDDIN, S. et al. Effects of ultraviolet radiation and condensation on static and dynamic compression behavior of neat and nanoclay infused epoxy/glass composites. **Journal of Composite Materials**. v. 45(18), p.1901-1918, 2011.

2.7. DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE DESIDRATADOR SOLAR DE FRUTAS COM REUTILIZAÇÃO DE MATERIAL RECICLÁVEL EM PAULO AFONSO-BA

CAVALCANTI, Luiz Antônio Pimentel
Instituto Federal da Bahia (IFBA)
luiz.cavalcanti@ifba.edu.br

VILELA, Igor Ribeiro
IFBA
igorribeiro_vilela@hotmail.com

RESUMO

Dentre os maiores entraves enfrentados pela agroeconomia no Brasil encontra-se a grande produção de resíduos alimentícios. Além disto, cada vez mais esforços são tomados em prol da sustentabilidade, no que diz respeito inclusive à maior aplicação de fontes renováveis de energia em processos que usualmente utilizam fontes tradicionais. Tendo em vista o beneficiamento de frutas não categorizadas para o consumo *in natura*, evitando perdas em lucro e produto, foi construído e estudado um desidratador de frutas que utiliza energia solar direta, constituído por uma câmara de desidratação e outra de captação de energia. Utilizaram-se latas de alumínio para formação de uma superfície com grande absorvância. Uma cobertura de vidro também compõe as câmaras. Ensaiou-se a coloração da câmara de captação (natural e preta), bem como a eficiência do protótipo sem a utilização das latas. Foram observadas as temperaturas externa e interna da câmara de desidratação, bem como a variação do conteúdo de água presente em bananas, por meio da construção de uma curva de desidratação. Visualizou-se a correlação positiva entre a temperatura verificada no ambiente e a da câmara de desidratação, sendo esta maior quando utilizadas as latas de alumínio e a coloração preta. O protótipo apresentou-se como tecnologicamente funcional.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar, Resíduos, Reaproveitamento.

INTRODUÇÃO

As mais diversas mudanças pelas quais passou a sociedade acarretaram também na transformação das formas de produção e consumo (NASCIMENTO et al., 2015). As questões ambientais têm recebido posição de destaque nas discussões científicas realizadas nas últimas décadas, uma vez que se verificaram ameaças a qualidade de vida no planeta em decorrência das ações humanas (FREITAS; MARTIN, 2015). Criaram-se então mecanismos a exemplo das políticas de gestão de resíduos sólidos, como uma tentativa de reduzir os prejuízos causados em ambas sociedade e natureza (MELLO et al., 2018).

A constante busca por redução dos prejuízos e entraves que dificultam a sustentabilidade dos processos agrícolas vem estimulando a pesquisa e construção de ferramentas e métodos que visam superar tais obstáculos, aumentando assim tanto a lucratividade do pequeno, grande ou médio produtor, como a variedade do produto final ofertado ao consumidor (WEIRICH NETO et al., 2016). Diversas são as causas de perdas em produção de frutos e hortaliças. Entre elas podem ser citados o esmagamento, apodrecimento, senescência e murchamento (CHITARRA; CHITARRA, 1990). O desperdício decorrente de diversos fatores, como falta de cuidado na hora da colheita, uso de máquinas e equipamentos desregulados, assim como transporte e armazenamentos inadequados, faz necessária a criação de meios de controle de tais perdas (MARTINS; FARIAS, 2002).

Localizada em região Clima Semiárido ou Quente de Estepe (BSh) conforme classificação climática Köppen-Geiger, a cidade de Paulo Afonso e regiões circunvizinhas, recebem forte incidência de raios solares a maior parte do ano (NASCIMENTO, 2017). Associado ao fato do desperdício de frutas verificado nas centrais de abastecimento da cidade, percebeu-se a necessidade de articular tão abundante disponibilidade de energia solar às perdas em produto. Para tal, sugere-se a desidratação solar de frutas que não seriam aproveitados para o consumo *in natura*.

A energia solar apresenta diversas características que configuram sua utilização como sustentável, a exemplo da não liberação de resíduos na atmosfera, ser renovável e de grande potencial, além de estar disponível largamente em quase todo o Brasil e principalmente no Nordeste (MACHADO; MIRANDA, 2015). O presente trabalho teve por objetivo apresentar dados relativos à projeção e construção de um desidratador que utiliza energia solar direta para aquecer uma câmara de captação e outra de desidratação. Desta forma, melhorando o aproveitamento de frutos que são rejeitados para consumo *in natura*, e reaproveitando resíduos sólidos abundantemente encontrados na cidade (latas de alumínio) como componentes do protótipo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Geração e gestão de resíduos sólidos do Brasil

Acredita-se que a história dos resíduos sólidos está relacionada ao processo de civilização humana (FERREIRA; ARRUDA, 2018). Sendo assim, os primeiros acúmulos de materiais residuais foram derivados das atividades humanas que tiveram início quando o Homem deixou de ser nômade e passou a ser sedentário (PISANI JÚNIOR et al., 2018). É dito que o primeiro depósito municipal para resíduos foi criado na cidade de Atenas, 400 a.C. (ELIS; ZUQUETE, 2017). O primeiro plástico sintético foi fabricado em 1868, como substituto para a madeira e o metal, sendo produzido de forma comercial no ano seguinte. Logo após, surgiram o papel encerado, a folha de alumínio, o celofane, e novos tipos de plástico (SANTAELLA et al., 2014).

Para utilização em embalagens, os metais ofertam propriedades de proteção física e de barreira, formabilidade, reciclagem, e é muito aceito no mercado por sua versatilidade (MOITINHO et al., 2017). Os mais utilizados para este fim são o aço e o alumínio. Este último

não é encontrado na natureza em sua forma metálica, mas é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre (BRUM, 2010). O Brasil destaca-se como o 6º maior produtor mundial de alumínio, e o 9º maior consumidor deste material (SANTOS, 2017). Apresenta como qualidades ser leve, impermeável à luz, umidade e odores, ser maleável e resistente. Entretanto, sua degradação na natureza pode demorar de 100 a 500 anos, dando-se assim a importância de sua reciclagem (LANDIM et al., 2016).

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2016 foram gerados no Brasil aproximadamente 78,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Destes, 7 milhões deixaram de ser coletados e, muito provavelmente, foram destinados de forma imprópria. De acordo com pesquisa da mesma instituição, o sistema de coleta seletiva ainda é uma prática baseada em ações informais ou em projetos voluntários, que não se manifestam de forma expressiva em todo território nacional. Contudo, o Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial com altos índices de reciclagem para: alumínio, papel, plástico e vidro, com destaque para o primeiro, que apresenta taxa de 97,7% de reciclagem (SANTAELLA et al., 2014).

No ano de 2015, o Brasil reciclou 602 mil toneladas. Desse total, 292,5 mil toneladas correspondem a sucatas de latas de alumínio para envase de bebidas (FERREIRA; ARRUDA, 2018). Sua reciclagem propicia além da geração de renda para milhares de pessoas, a economia de milhões de toneladas de bauxita (minério do qual é extraído o alumínio), economizando anualmente uma quantidade de energia equivalente ao abastecimento de uma cidade com mais de 1 milhão de habitantes, contribuindo dessa forma para um meio ambiente mais limpo e sustentável (LANDIM et al., 2016). Conforme disposto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010), resíduos sólidos são materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultantes de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, gases contidos em recipientes e líquidos que não podem ser lançados na rede pública de esgoto ou corpos d'água devido a particularidades de sua composição (BRASIL, 2010).

Até o ano de 2010, as normas responsáveis pela definição e regulação de tudo relativo a resíduos sólidos no Brasil encontravam-se dispersas entre os mais diversos corpos legais, algumas vezes até mesmo conflitando entre si (NASCIMENTO et al., 2015). Não existia um corpo legal que por si só fosse capaz de regular o relativo a resíduos (MOITINHO et al., 2017). Era possível observar a falta de planos claros e explícitos de gestão destes, cabendo então a cada gestor aplicar o que lhe parecia correto (ELIS; ZUQUETTE, 2017). Neste contexto foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que tem por objetivo nortear a gestão de resíduos no território nacional (GODOY, 2013). É interessante notar que dentre os temas observados nos projetos de lei em tramitação na política da década de 90, está o debate concernente ao conceito do que seria posteriormente denominado como “desenvolvimento sustentável” (MORAIS, 2018).

Espera-se então que, a partir da implementação da PNRS, ocorram mudanças relativas aos aspectos considerados tidos como importantes, que envolvam desde a população até aqueles que trabalham como catadores (GODOY, 2013). Estes, por sua vez, carecem de medidas de intervenção social, com políticas de incentivo e apoio que lhes garantam condições dignas e seguras de trabalho (QUEIROZ; GOMES JUNIOR, 2018). A hierarquia de gestão de resíduos sólidos urbanos adotada pelo Brasil é muito similar a aplicada em países desenvolvidos, como os que compõem a União Europeia e os Estados Unidos da América (NASCIMENTO et al., 2015).

Em sua última versão, de agosto de 2012, o Plano Nacional fixou a redução de 22% dos resíduos da fração seca dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e de 19% da fração úmida disponíveis para disposição final em 2015 (OLIVEIRA et al., 2018). Segundo diagnóstico, os resíduos no Brasil em 2008 foram categorizados como sendo 31,9% correspondentes a fração seca, 51,4% de matéria orgânica e 16,7% de outros materiais (OLIVEIRA; GALVÃO JUNIOR, 2016).

De acordo com Gouveia (2013), o desenvolvimento econômico, crescimento populacional, os processos de urbanização e a revolução tecnológica vem alterando os estilos de vida e os modos de produção e consumo. Estes, por sua vez, resultam no aumento da produção de resíduos sólidos, tanto no que tange a quantidade como em diversidade. Tal fenômeno é mais expressivo nos grandes centros urbanos. Sabe-se que a quantidade de domicílios em uma cidade é diretamente ligada a quantidade de resíduos gerados. Segundo Oliveira et al. (2018), as residências são as fontes geradoras mais abundantes. Boa parte destes resíduos não possuem destinação sanitária e ambientalmente apropriada, sendo destinados a vazadouros a céu aberto, conhecidos como lixões, mesmo embora esta prática sendo hoje punível com multa para as cidades que não se adequarem às novas legislações de gestão de resíduos.

Uma vez dispostos de forma imprópria, estes materiais podem comprometer a qualidade do solo, das fontes d'água e do ar, por serem fontes de substâncias como compostos orgânicos voláteis, defensivos agrícolas, solventes e metais pesados, entre outros (MORAIS, 2018). A decomposição da matéria organiza resulta no chorume, líquido de cor escura que pode contaminar o solo e as águas superficiais e subterrâneas (SANTOS, 2017). Segundo Campos et al. (2015), nos últimos anos tem sido dada uma atenção significativa para o tratamento dos lixiviados em aterros, por saber-se dos prejuízos que estes podem ocasionar no solo.

Também há a possibilidade de formação de gases tóxicos, asfixiantes e explosivos. Estes locais de depósito apresentam as condições propícias para a proliferação de vetores e outros agentes transmissores de enfermidades (BRUM, 2010). Desta forma, os impactos dessa degradação se estendem para além das áreas de disposição final dos resíduos, afetando a vida de toda população. A longo prazo, a disposição dos resíduos sólidos pode contribuir de maneira significativa com os processos de mudanças climáticas (LANDIM et al., 2016). O gás metano (CH₄), um dos gases responsáveis pelo fenômeno do aquecimento global, é liberado na atmosfera como resultado da decomposição de matéria orgânica (GOUVEIA, 2013).

Os entraves na produção agrícola de frutos no Brasil

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas no mundo, com produção de 38,86 milhões de toneladas conforme dados de 2012 da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), perdendo apenas para a Índia e China, que produzem, respectivamente, 71,07 e 137,06 milhões de toneladas. Em 2013, o Brasil destacou-se com a produção de 43,6 milhões de toneladas de frutas, com estimativa de 2,2 milhões de hectares sendo utilizados para tal (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2015).

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF), o Brasil perde 5,1 milhões de toneladas de frutas por ano, estimando-se uma perda de US\$2,3 bilhões anuais (BRASIL... 2017). De acordo com Souza (2007), tal fato chama atenção para a urgente necessidade de se criar e incrementar processos simples e baratos, que ofereçam meios para a conservação destes alimentos extremamente perecíveis. A perda de alimentos ao longo de toda a cadeia produtiva representa perdas significativas de recursos investidos na sua produção, transporte e armazenamento. Recursos como energia, água e insumos agrícolas se tornam cada vez mais escassos e necessitam ser aplicados de forma eficiente e sustentável (ALVES; UENO, 2015).

Segundo Martins e Farias (2002), pesquisas realizadas em redes de comercialização de frutas nos mercados e em centrais de abastecimento de cidades demonstraram que, sobretudo as injúrias físicas e mecânicas, produziram maiores perdas no momento da exposição das frutas que os demais setores (legumes, verduras e tubérculos). A constante busca pela redução dos prejuízos e entraves que dificultam a sustentabilidade dos processos agrícolas vem estimulando a pesquisa e construção de ferramentas e métodos que visem superar tais obstáculos, aumentando assim tanto a lucratividade do pequeno, grande ou médio produtor, como a variedade do produto final ofertado ao consumidor (WEIRICH NETO et al., 2016).

Conforme Costa (2008), o surgimento de secadores dimensionados adequadamente para a secagem de frutas fez crescer nos últimos 10 anos o mercado de frutas desidratadas. A

comercialização de outras frutas secas além da banana, como a maçã, o mamão, o abacaxi e a manga, mesmo que em menor quantidade, torna evidente o constante desenvolvimento deste segmento. Durante o processo de secagem, não ocorre perda das substâncias nutritivas presentes nas frutas, pois somente a água é evaporada (SANTAELLA et al., 2014).

A desidratação é um processo que combina transferência de calor e massa em que a disponibilidade de água de um alimento é reduzida, consequentemente aumentando o tempo de vida útil do mesmo, combatendo assim sua perecibilidade e desperdício (BARBOSA, 2011). Sendo frutos alimentos altamente perecíveis, a elaboração de produto desidratado (fruto seco) apresenta-se como uma alternativa para o aproveitamento do excedente produzido e comercialização *in natura*, além de permitir ao consumidor um produto disponível em qualquer período do ano. (ALESSI et al., 2013)

A desidratação de alimentos sólidos, como frutas e hortaliças, tem por objetivo a remoção da umidade do sólido por meio da evaporação. De acordo com Sokhansanj e Jayas (2006), tal redução deve acontecer de forma que atinja um ponto onde a concentração de açúcares, ácidos, sais e outros componentes sejam suficientemente elevados para inibir o desenvolvimento de microrganismos.

Localizada em região de clima tipo BSh (Koppen) semiárido do Sertão Nordestino, a cidade de Paulo Afonso e regiões circunvizinhas recebem forte incidência de raios solares a maior parte do ano (NASCIMENTO, 2017). Associado ao fato do desperdício de frutas verificado nas centrais de abastecimento da cidade percebeu-se a necessidade de associar tão abundante fornecimento de energia solar às perdas em produto por meio da utilização de desidratação solar de frutas que não seriam aproveitados para o consumo *in natura*.

Conforme Costa (2008), o secador solar é um sistema em que o ar é aquecido pela radiação e escoado, de forma natural ou forçada, por um sistema que tem por objetivo retirar a umidade do material que se deseja secar. Este material pode ser colocado diretamente no coletor, configurando secagem direta, ou em uma câmara quando se tem a secagem indireta.

As crises do petróleo fizeram com que desde a década de 70 fossem buscadas formas alternativas de energia para adoção no país, na busca por segurança no fornecimento de energia e redução da dependência dos combustíveis fósseis (SIMAS; PACCA, 2013). Nos dias atuais, o desenvolvimento de secadores (ou desidratadores) que utilizam a radiação solar de forma eficiente e a baixo custo passou a ter muita importância, pois se tornou uma alternativa mais economicamente viável em comparação aos equipamentos convencionais e seus elevados custos de aquisição e operação (OLIVEIRA et al., 2018). Soma-se a isto o forte apelo para a utilização de energias renováveis, que vem ganhando cada vez mais prestígio no mundo desenvolvido devido ao surgimento de políticas de substituição das fontes derivadas do petróleo por fontes renováveis (SILVA, 2013).

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Laboratório de Biocombustíveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), localizado na longitude 38° 12' 57.0" W e latitude 9° 23' 24.5" S. Conforme Nascimento (2017), a cidade de Paulo Afonso e região, segundo classificação climática de Köpen-Geiger possui clima tipo BSh, semiárido do Sertão Nordestino. A temperatura média anual é de 25,8 °C, e a umidade relativa do ar situa-se em média entre 58,3% e 78,1%.

A construção do protótipo do desidratador foi planejada de forma que ele fosse um modelo funcional, de baixo custo e eficiente. O desidratador utiliza o princípio de transferência de calor por convecção. Um compartimento em forma de paralelepípedo foi dimensionado em 80 cm x 40 cm x 15 cm, sendo dividido ao meio em um ângulo de 90 graus em relação à base maior, de forma a ser composto por duas câmaras, uma com a função de captar a radiação solar e outra funcionando como a câmara de desidratação.

Esta estrutura foi construída em madeira, com cobertura de fórmica acrílica. As duas câmaras foram ligadas por meio de orifícios que permitiam a passagem de ar entre elas, e ambas as câmaras ainda possuíam um orifício que as conectava ao meio externo, permitindo que o ar entrasse na câmara de captação e fosse aquecido. Em seguida, devido à redução da densidade, o ar passava da câmara de captação para a de desidratação, sendo posteriormente devolvido ao meio externo. Um tampo de vidro que desliza foi anexado à estrutura do desidratador, de forma a facilitar a manutenção e colocação do material a ser desidratado, conferir proteção do ambiente externo, além de permitir a passagem de luz e proporcionar o armazenamento de ar quente dentro das câmaras. Utilizou-se uma espuma de isolamento térmico para vedar o sistema (Figura 1).

Para que o protótipo fosse avaliado realizou-se a desidratação de banana. O processo foi concluído após 9 horas de exposição dos frutos ao sol. As bananas, do tipo prata, foram adquiridas em comércio local e expostas à luz solar após cortadas ao meio no sentido longitudinal e posteriormente reduzidas a tamanhos menores, tendo estes as dimensões de aproximadamente 2,8 cm x 2,8 cm x 1,5 cm. 10 amostras tiveram suas massas submetidas à quantificação com o auxílio de uma balança analítica da marca Bioscale, possuindo todas aproximadamente 9g.

Com o objetivo de elaboração de curva de desidratação, realizou-se o procedimento descrito a seguir. Uma amostra não submetida à desidratação solar foi levada a um medidor de umidade da marca Shimadzu, servindo como parâmetro de comparação das demais, sendo denominada de amostra *in natura*. As 9 demais amostras foram dispostas na câmara de desidratação, sendo uma retirada a cada uma hora e levada posteriormente ao medidor de umidade para constatação de seu teor de água. Foram determinadas também a temperatura ambiente, externa ao desidratador, e a temperatura na câmara de desidratação, com o intuito de se construir uma curva de temperatura. Utilizou-se um termômetro digital tipo espeto, com escala -50 a 300°C, da marca Ion. O acompanhamento da massa das frutas após retirada de amostra da câmara de desidratação utilizou a mesma balança analítica citada anteriormente. Ambas as curvas foram elaboradas com o auxílio do software Origin 8.6 versão do estudante.

Após a realização do primeiro experimento, a câmara de captação foi totalmente pintada com tinta spray preto fosco para uso geral da marca Colorgin. Esperou-se 72h para que a tinta secasse totalmente, permitindo assim a continuidade dos testes no protótipo. Latas de alumínio tiveram seu fundo e tampa cortados, de forma a constituir folhas com dimensões médias de 9 cm x 18cm que pudessem ser moldadas. As latas foram deformadas de modo a serem acopladas à câmara de desidratação e servir tanto para a captação de calor como de bandeja para receber os frutos a serem desidratados (Figura 1). Feitas as modificações descritas, o procedimento de avaliação descrito anteriormente foi realizado mais uma vez, seguindo os mesmos padrões de dimensões de corte e massa da fruta analisada, e utilizando os mesmos materiais e métodos já citados. Uma segunda curva de desidratação e outra de temperatura foram confeccionadas com o auxílio do software Origin 8.6 versão do estudante.

Figura 1. Protótipo desidratador de frutas



Fonte: Os Autores (2018).

Para fins de melhor construção do texto, foi considerado o teste do protótipo sem aplicação da tinta preta e utilização das latas de alumínio como Teste A, e o segundo, com tais modificações realizadas, como Teste B.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a realização do experimento foi possível analisar e avaliar o funcionamento de cada parte constituinte do protótipo desidratador. A câmara de captação, idealizada como principal componente captador de radiação solar do desidratador, mostrou-se eficiente à medida que conseguiu, na primeira hora do experimento, promover um grande aumento na temperatura interna do desidratador. De 26 °C, esta elevou-se para 64 °C no Teste A, e de 26 °C para 43 °C no teste B. Foram ultrapassadas as temperaturas ambientes do momento, e as máximas para ambos os testes foram atingidas na quarta hora, correspondentes à 70°C no Teste A e 72°C no Teste B.

A câmara de desidratação, componente do protótipo que recebeu as amostras durante o experimento, também cumpriu sua função de forma satisfatória ao promover nos dois testes a troca de calor entre o ar aquecido advindo da câmara de captação e os frutos. A água, presente no interior das amostras, foi vaporizada e carregada para fora do desidratador pela abertura superior. A abertura inferior foi responsável por possibilitar a entrada de ar frio. Ambos os orifícios promoveram a circulação do ar, permitindo que não houvesse o acúmulo de vapor de água e possível condensação dentro do protótipo, o que ocasionaria uma redução da temperatura interna e retenção de umidade por parte dos frutos. As aberturas entre os compartimentos permitiram que o ar aquecido pudesse escoar de uma câmara para a outra.

A cobertura de vidro transparente ao comprimento de luz visível e opaca ao infravermelho foi responsável por permitir a passagem da radiação solar, manter a temperatura no interior do desidratador maior que a externa, e proteger as amostras do contato com o ambiente.

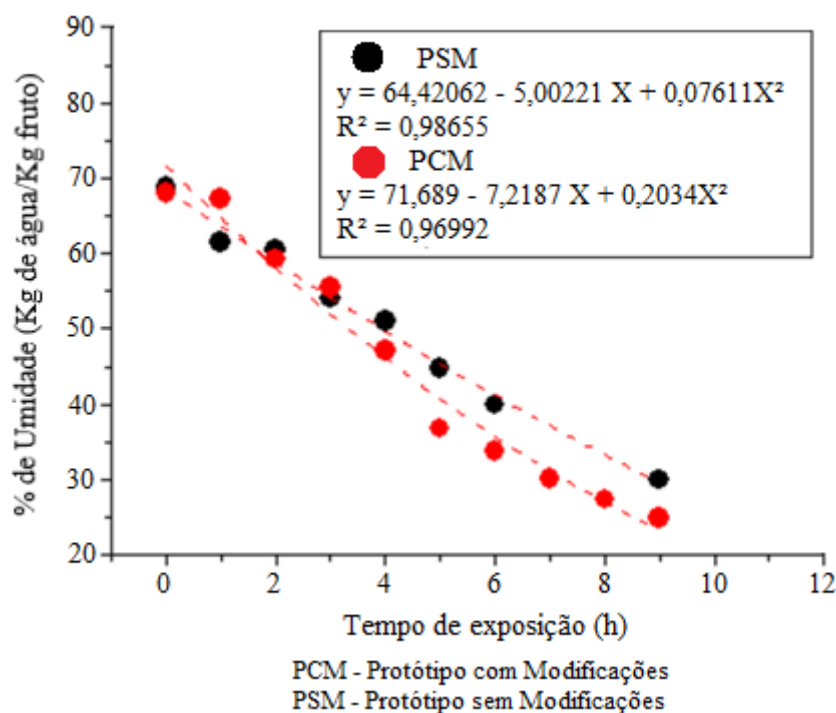
Foi analisado o conjunto de dados referentes à desidratação das amostras dentro da câmara de desidratação em função do tempo de exposição do fruto dentro do protótipo desidratador nos dois testes (Figura 2). O período total de exposição ao sol foi de 9 horas, sendo no final do processo constatada porcentagem de umidade de 29,98% no Teste A, contrastando com os 68,82% verificados na amostra *in natura*. Já no Teste B, foram constatados 24,85% de umidade, divergindo dos 68,01% presentes na amostra *in natura*.

Os valores de umidade relativos à sétima e oitava amostra no Teste A não constam na curva pois, devido à posição em que estas se encontravam dispostas dentro da câmara de desidratação (com o meio voltado para baixo), os resultados alteraram em relação aos demais. Constatou-se então que a melhor posição para a amostra ser disposta dentro da câmara de desidratação é com o seu meio voltado para cima.

A partir da quarta hora do experimento, os valores de umidade verificados no Teste B já se mostravam inferiores aos coletados durante o Teste A, decrescendo até o final das horas do procedimento. Ao final do processo, o primeiro conseguiu reduzir a umidade das amostras em 38,84%, enquanto o último reduziu 43,16%, confirmando assim a teoria que a pintura em preto fosco e o uso das latas de alumínio acarretariam na maior remoção de umidade das amostras, mesmo o segundo teste (B) tendo sido realizado em um dia com temperaturas inferiores.

O bom desempenho do protótipo é então evidenciado, apresentando-se como funcional e eficiente no que diz respeito à redução da umidade no interior dos frutos em ambos os testes. Devido à simples estrutura, com materiais que podem ser facilmente encontrados e resgatados de outras estruturas, como a madeira para a base, as latas de alumínio, e o vidro que é amplamente comercializado, este protótipo pode ser utilizado por pequenos agricultores, comerciantes de frutos em centrais de abastecimento de cidades, escolas, mercados e até mesmo em residências.

Figura 2. Curvas de umidade das amostras na câmara de desidratação



Fonte: Os Autores (2018)

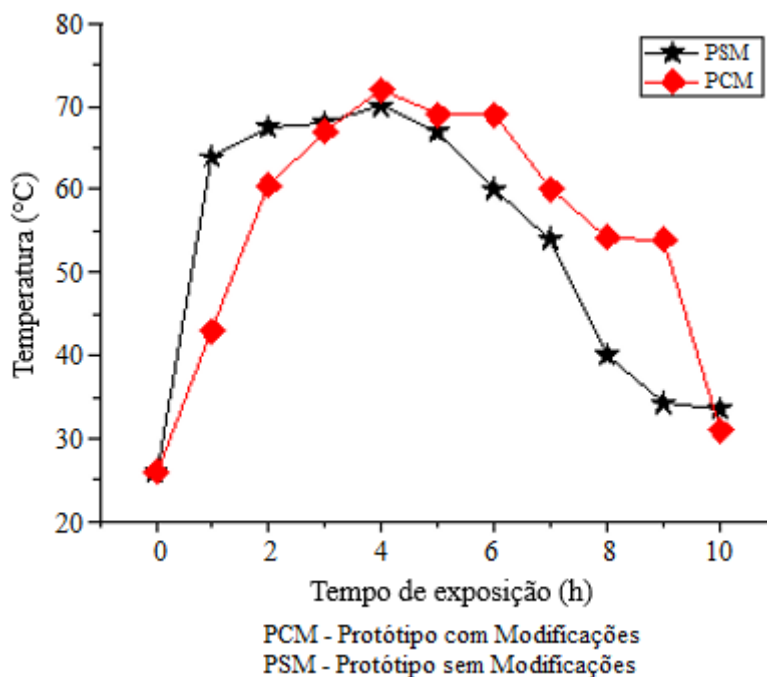
As temperaturas do interior da câmara de desidratação no decorrer das horas do experimento sofreram variações (Figura 3). É constatado um crescimento de 44 °C para o Teste A, e 46 °C para o Teste B, nas quatro horas iniciais, com posterior queda. Esta é justificada pela ação da nebulosidade no dia, que cresce em proporção inversa à insolação. Entretanto, isto não afetou negativamente a prática, uma vez que, conforme constatado pela análise dos dados e segundo Kopf (2008), as temperaturas iniciais do processo de desidratação devem ser maiores e em torno de 70 °C. Com relação ao Teste B, verificou-se que a temperatura no interior da câmara de desidratação manteve-se elevada por mais tempo, não apresentando a queda brusca verificada no Teste A.

A câmara de desidratação conseguiu no Teste B atingir uma temperatura máxima (72 °C) superior à verificada no Teste A (70 °C). Isto ocorreu mesmo embora o segundo teste tendo sido realizado em um dia com temperaturas inferiores e maior nebulosidade. Os resultados obtidos discurridos acima assemelharam-se aos encontrados por Weirich Neto et. al. (2016), cujo desidratador em seu trabalho atingiu temperatura máxima de 72,9 °C para o experimento com o fundo preto e lata prata, e Silva (2013), que ao experimentar um secador solar construído a partir de sucata de tambor obteve o valor final de umidade da amostra de banana como sendo 22%, valor próximo aos 24,84% encontrados neste trabalho.

A coloração preto fosco da câmara de captação, associada à ação das estruturas de alumínio, possibilitou maior retenção da radiação solar. Esta tinta foi escolhida levando em consideração a maior capacidade de absorção de energia característica da cor preta, e a menor reflexão dos raios solares em decorrência da opacidade da cobertura. Tais adaptações tornaram possível que, mesmo com menor disponibilidade de radiação solar, o desidratador absorvesse maior quantidade de calor e mantivesse sua temperatura elevada por mais tempo. Como consequência dos aprimoramentos realizados, maior porcentagem de umidade foi retirada do interior das amostras. A utilização das latas de alumínio é uma alternativa sustentável, uma vez que associa o reaproveitamento de um material que seria descartado à um processo que visa o beneficiamento de frutos que também seriam rejeitadas. O descarte inadequado de ambos os materiais representaria prejuízos socioeconômicos e ambientais. Sendo assim, é proposta a união

da demanda de gestão destes que seriam tidos como resíduos para utilização em um processo eficiente e sustentável.

Figura 3: Curvas de variação da temperatura em relação ao tempo de exposição das amostras



Fonte: Os Autores (2018)

CONCLUSÕES

A experimentação do protótipo desidratador com uso de energia solar direta se deu de forma eficiente, demonstrando o bom funcionamento de todas as partes que o constituem. A desidratação de bananas demonstrou-se eficaz, sendo validada pelas curvas de desidratação e temperatura construídas. A temperatura máxima alcançada na câmara de desidratação foi de 72 °C, constatando a capacidade do protótipo de armazenar calor proveniente da energia solar.

O estudo comparativo dos dois testes realizados revelou que a pintura da câmara de captação com tinta preta fosca e anexação de estruturas confeccionadas a partir de latas de alumínio influenciaram de maneira positiva no que diz respeito a manutenção de temperatura elevada no interior do protótipo. Esta, por sua vez, se encontrou dentro do indicado na literatura para o processo de desidratação de frutos.

O modelo se apresentou como tecnologicamente funcional e eficaz na redução da umidade da amostra avaliada. A utilização de frutos que, seriam descartadas durante a cadeia produtiva por pequenas injúrias, no desidratador, fará com que estes mais uma vez possam circular no mercado com aproveitamento satisfatório em relação a seus nutrientes. A associação de latas de alumínio ao processo o torna mais eficiente, e evita o descarte inadequado deste resíduo, uma vez que a cidade de Paulo Afonso não dispõe de serviços de Coleta Seletiva. O custo total de sua construção foi 116 reais, baixo, em comparação com o valor de aquisição de um exemplar elétrico comercializado em média a 750 reais, sem considerar os gastos com manutenção e eletricidade.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**. São Paulo: ABRELPE, 2016. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em 23 de junho de 2018.

ALESSI, E. S., DO CARMO, L. F., DA SILVA, P. P. M., & SPOTO, M. H. F. **Processo produtivo de tomate seco obtido por energia solar e convencional a partir de mini-tomates congelados**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, [S.I.], v. 7, n. 2, p.1049-1061, 2013.

ALVES, M. G.; UENO, M. Identificação de fontes de geração de resíduos sólidos em uma unidade de alimentação e nutrição. **Ambiente & Água: an Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [S.I.], v. 10, n. 4, p. 874-888, 2015.

BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, Anuário. Erna Regina Reetz. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015.

BARBOSA, J. R. P. **Estudo da viabilidade de uso de secadores solares fabricados com sucatas de luminárias**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Natal, 2011.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**.

Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 03 fev. 2018.

BRASIL perde 5,1 milhões de toneladas de frutas por ano. Sociedade Nacional de Agricultura.

Disponível em: <<http://sna.agr.br/brasil-perde-51-milhoes-de-toneladas-de-frutas-por-ano/>>. Acesso em: 17 jun. 2017

Brum, D. P. **Educação ambiental na escola: Da coleta seletiva do lixo ao aproveitamento do resíduo orgânico**. 2010.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Política nacional de resíduos sólidos**. 2. ed. Brasília: Edições Câmara, 2012. 73 p. (Série legislação). Disponível em:

<https://fld.com.br/catadores/pdf/politica_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2018.

CAMPOS, J. C., COSTA, F.M., FONSECA, F.V., BILA, D. M. Tratamento de lixiviados de aterros de resíduos sólidos utilizando Processos Fenton e Foto-Fenton Solar. **Ambiente & Água: an Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.I.], v. 10, n. 1, p. 107-116, 2015.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Esal/ Faepe, 1990. 293 p.

COSTA, A. R. S. **Sistema de secagem solar para frutos e modelagem da secagem de banana em um secador de coluna estática**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Natal, 2008.

ELIS, V. R.; ZUQUETTE, L. V.. **Caracterização geofísica de áreas utilizadas para disposição de resíduos sólidos urbanos**. Revista Brasileira de Geociências, v. 32, n. 1, p. 119-134, 2017.

FERREIRA, S.; ARRUDA, M. P.. **Boas práticas socioambientais: reflexões do campo da residência multiprofissional sobre as famílias de catadores de resíduos sólidos**. Revista UNIPLAC, v. 6, n. 1, 2018.

FREITAS, N. T. A.; MARTIN, F. A. D. G. **Educação ambiental e água: concepções e práticas educativas em escolas municipais**. Nuances: estudos sobre Educação, v. 26, número especial 1, pp. 234253. 2015

GODOY, M. R. B. Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 23, n. 39, p.1-12, 2013.

GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Ciência & Saúde Coletiva, [S.I.], v. 17, n. 6, p.1503-1510, 2013.

KOPF, C. **Técnicas do processamento de frutas para a agricultura familiar**. Guarapuava: Departamento de Engenharia de Alimentos/Unicentro, 2008.

LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I.B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M.B.; MELO, N. R. **Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil**. Polímeros, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p.82-92, dez. 2016.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão**. Revista Virtual de Química, [S.I.], v. 7, n. 1, p.126-143, 2015.

MARTINS, C.R.; FARIAS, R.M. **Produção de alimentos x desperdício: tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola**. Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguaiana, v.9, n.1, p.83-93, 2002

MELLO, D. P. D.; SILVA, R. G.; MELO, A. M.; AQUINO, J. G. **Análise preliminar do pagamento por serviços ambientais urbanos como instrumento de gestão dos resíduos sólidos**. In: ENCONTRO PERNAMBUCANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2018, Recife. Anais eletrônicos... Recife: Edufrpe, 2018. p. 15 – 23. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook_gestao_publica_e_privada.pdf?dl=0>. Acesso em: 10 abr. 2018.

MOITINHO, E. B.; CAMPOS, G. M.; MACHADO, I. B.; FIGUEREDO, D. M.; Mendes, I. M. F.; SALES, R. M. M. **A educação ambiental como instrumento de sensibilização para reutilização de resíduos sólidos**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 12, n. 5, p. 874-878, 2017.

MORAIS, K. T. **Projetos de lei temáticos em discussão: análise da tramitação da política nacional de resíduos sólidos**. In: ENCONTRO PERNAMBUCANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2018, Recife. Anais eletrônicos... Recife: Edufrpe, 2018. p. 03 – 14. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook_gestao%20publica%20e%20privada.pdf?dl=0>. Acesso em: 10 abr. 2018

NASCIMENTO, F. A. **Sistema Fotovoltaico e de Aquecimento Solar Aplicado a Produção de Biodiesel em Reator Sustentável. Design, Prototipagem e Análise**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Departamento de Engenharia Elétrica, Paulo Afonso, 2017.

NASCIMENTO, V. F.; SOBRAL, A. C.; ANDRADE, P. R.; OMETTO, P. H. B. **Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Ambiente e Água: an Interdisciplinary Journal of Applied Science, [S.I.], v. 10, n. 4, p.889-902, 2015.

WEIRICH NETO, P. H.; BERGAMINI, Y. A. L.; EURICH, J.; SOUZA, N. M.; ROCHA, C. **H.Desidratador de frutas com uso de energia solar direta**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, Paraná. v. 5, n. 1. p. 01-11, 2016.

OLIVEIRA, F. M. D.; MEDEIROS, I. S.; DANTAS, M. S.; CLEMENTE, T. S. **Geração, coleta e destinação dos resíduos sólidos no município de Lagoa de Dentro - PB**. In: ENCONTRO PERNAMBUCANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2018, Recife. Anais eletrônicos... Recife: Edufrpe, 2018. p. 117 – 128. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook_gestao_publica_e_privada.pdf?dl=0>. Acesso em: 10 abr. 2018.

OLIVEIRA, T. B.; GALVÃO JUNIOR, A. D. C. **Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva**. Engenharia Sanitária e Ambiental, [S.I.], v. 21, n. 1, p.55-64, 2016.

PISANI JUNIOR, R.; CASTRO, M. C. A. A.; COSTA, A. A.. **Desenvolvimento de correlação para estimativa da taxa de geração per capita de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo: influências da população, renda per capita e consumo de energia elétrica**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 2, p. 415-424, 2018.

QUEIROZ, E. M. S. D.; GOMES JUNIOR, P. P. Perfil socioeconômico dos catadores de materiais recicláveis do lixão de Serra Talhada – PE. In: ENCONTRO PERNAMBUCANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6., 2018, Recife. Anais eletrônicos... Recife: Edufrpe, 2018. p. 150 – 160. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/hyonelf145oc6zk/ebook_impacto_%20socioamb-min.pdf?dl=0>. Acesso em: 10 abr. 2018

SANTAELLA, S. T.; BRITO, A. E. R. M.; COSTA, F. A. P.; CASTILHO, N. M.; MIO, G. P.; FERREIRA FILHO, E.; LEITÃO, R. C.; SALEK, J. M. **Resíduos sólidos e a atual política ambiental brasileira**. Fortaleza: Ufc/labomar/nave, 2014. 232 p. (Coleção Habitat).

SANTOS, C. S. B. D. **Aspectos de sustentabilidade em um processo de produção de hidrogênio com a reutilização do alumínio**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SILVA, T. S. D. **Estudo de um secador solar fabricado a partir de sucata de tambor de polietileno**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Natal, 2013.

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 27, n. 77, p.99-115, fev. 2013.

SOKHANSANJ, S.; JAYAS, D. S. **Handbook of industrial drying = Manual de secagem industrial**. 2. ed. Nova Iorque: Marcel Dekker, v. 1, p. 589-626, 2006.

SOUZA, L.; NETO, H.; SANTOS, R.; MELO, A. **Obtenção de tomate seco utilizando um sistema de secagem solar construído com materiais alternativos**. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8., 2007, Cusco. Anais eletrônicos... Natal: UFRN, 2007. Disponível em: <<http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/06/06-92.pdf>>. Acesso em 20 ago. 2017.

2.8. TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA COM FILTRO DE SERRAGEM DE MADEIRA E BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR

ARAÚJO, Sayonara Costa de
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
sayonara-vr@hotmail.com

PINHEIRO, Érika Flávia Machado
UFRRJ
erika.solos@gmail.com

OLIVEIRA, Raquel Silva de
UFRRJ
raquel.oliveiraasilva@gmail.com

SILVA, Rakiely Martins da
UFRRJ
rakiely@hotmail.com.br

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho do processo de filtração, utilizando filtro constituído pela combinação entre a serragem de madeira e o bagaço de cana-de-açúcar, no tratamento primário da água residuária da suinocultura (ARS). O processo de filtração foi conduzido no Laboratório de Matéria Orgânica e Ciclagem de Nutrientes do Departamento de Solos da UFRRJ, Campus Seropédica-RJ. Foram confeccionadas três colunas filtrantes reutilizando recipientes plásticos. Os meios filtrantes foram caracterizados segundo o teor de umidade, densidade global e das partículas, porosidade e pH (em a água e cloreto de potássio). A ARS bruta e o efluente filtrado foram avaliados quanto às concentrações de sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (SVT) e fixos (SFT), pH, condutividade elétrica (CE), turbidez (T) e cor aparente (C). De acordo com os resultados obtidos, o filtro preenchido pela junção de dois materiais orgânicos mostrou-se promissor, uma vez que se obteve ao fim do processo de filtração (40 L filtrados) remoção de ST (70%), SVT (66%), SFT (80%), CE (21%), T (79%) e C (44,5%) na água residuária de suinocultura. Pode-se constatar que o filtro foi capaz de atingir o nível exigido de tratamento primário.

PALAVRAS-CHAVE: Filtração, água de reuso, resíduos vegetais.

INTRODUÇÃO

A população mundial de suínos produz anualmente cerca de 1,7 bilhões de toneladas de esterco (MAKARA; KOWALSKI, 2017). No Brasil, um valor médio de aproximadamente 30 mil estabelecimentos pratica a produção intensiva de suínos, sendo que 81,7% concentram essa criação em pequenas extensões de áreas (PINTO et al., 2014). Atualmente, o país é o quarto maior produtor e exportador de carne suína do mundo (ABPA, 2016). Embora exerça um papel notável no desenvolvimento econômico e social do país e se tenha alcançado índices de produção elevados por meio de melhoramento genético, nutricional e ambiência, a suinocultura produz grandes quantidades de resíduos, resultante principalmente do sistema intensivo de criação, que têm sido alvos de preocupação.

A água residuária da suinocultura (ARS) é composta por fezes, urina, resíduos de ração, pelos e produtos da higienização dos ambientes (OLIVEIRA; PINHEIRO; CAMPOS, 2017). O descarte indevido da ARS configura-se em problemas ambientais e socioeconômicos de grande impacto, posto que esta apresenta alto poder poluidor, mediante as altas cargas de nutrientes, sólidos em suspensão e dissolvidos, matéria orgânica, agentes patogênicos, metais pesados, sais diversos e hormônios (SMANHOTTO et al., 2010). Desse modo, o lançamento da ARS nos corpos hídricos requer um prévio e adequado tratamento, de modo a atender os padrões da legislação ambiental. Da mesma forma, critérios devem ser seguidos para que o efluente possa ser disposto no solo por meio da fertirrigação das culturas agrícolas, por exemplo, uma vez que a aplicação da ARS em doses inadequadas pode resultar na poluição ou contaminação do solo e das águas subterrâneas.

Em razão do potencial poluidor da ARS existe uma variedade de tecnologias para o tratamento que empregam processos biológicos e físico-químicos com diferentes graus de sucesso para controlar e/ou minimizar os impactos no meio ambiente. No entanto, os elevados custos de instalação e operação, a produção de lodo e os complexos procedimentos envolvidos limitam sua utilização (GISI et al., 2016), principalmente, em pequenas propriedades. Os métodos normalmente utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura são lagoas de estabilização, separação das fases sólida e líquida e biodigestores anaeróbicos. Entretanto, existem outras tecnologias que são pouco exploradas e difundidas, mas que podem mitigar os danos decorrentes da disposição inadequada da ARS.

Uma dessas tecnologias diz respeito ao potencial de utilização de filtros preenchidos com materiais orgânicos para o tratamento primário de águas residuárias do setor agropecuário. O tratamento primário tem por objetivo principal a remoção de sólidos suspensos sedimentáveis (VON SPERLING, 2014). Cabe ressaltar que, à utilização de filtros orgânicos pode proporcionar tratamento secundário (remoção de demanda de oxigênio) (LO MONACO et al., 2004), bem como, terciário ou mesmo avançado (remoção de nutrientes, microrganismos patogênicos, metais pesados) à ARS (OLIVEIRA; PINHEIRO; CAMPOS, 2017). Dos diversos materiais investigados como meio filtrante no tratamento de águas residuárias, a serragem de madeira e o bagaço de cana-de-açúcar destacam-se no que se refere à remoção de sólidos e metais pesados (MAGALHÃES; LO MONACO; MATOS, 2013; ISLAMUDDIN et al., 2016; OLIVEIRA; PINHEIRO; CAMPOS, 2017). Os fatores que justificam a eficácia e utilização de resíduos de origem orgânica no tratamento de diferentes efluentes incluem a composição química (hemiceluloses, lignina, lipídios, proteínas, açúcares simples, água, hidrocarbonetos e amidos), existência de grupos funcionais ácidos (hidroxila, carboxila, fenol), área superficial, porosidade e morfologia da superfície (BHATNAGAR; SILLANPÄÄ; WITEK-KROWIAK, 2015; TRAN et al., 2015).

Dentre as vantagens proporcionados mediante o uso de filtros orgânicos, destacam-se o baixo custo de investimento, sobretudo pelo fato da coluna filtrante ser confeccionada por um material reciclável e poder ser preenchida por resíduos orgânicos, que podem ser obtidos na propriedade rural, à simplicidade do processo de operação e a possibilidade dos meios filtrantes

poderem ser submetidos a processos de estabilização, antes de serem descartados indevidamente no meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2017a; OLIVEIRA et al., 2017b). Um desses processos é a compostagem, que visa à obtenção de um material orgânico estabilizado e maduro (composto) que, ao ser utilizado na agricultura como adubo orgânico poderá contribuir na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, na redução do uso de fertilizantes químicos, na minimização de impactos ambientais e maximização da reciclagem (KIEHL, 2010; PIMENTEL et al., 2018).

Diante do exposto, e considerando que embora muitos estudos evidenciem o grande potencial do emprego da serragem de madeira e do bagaço de cana no tratamento de águas residuárias, não se verifica na literatura a utilização destes materiais em combinação na mesma coluna filtrante. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho do processo de filtração empregando-se serragem de madeira e bagaço de cana-de-açúcar, na mesma coluna, no tratamento primário da água residuária da suinocultura (ARS).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A crescente demanda por carne suína e seus derivados estimulou a expansão do setor suinícola, resultando no aumento do número de animais nas unidades produtoras, na intensificação dos criatórios em confinamento, e consequentemente, no aumento da quantidade de resíduos produzidos (BÜHRING; SILVEIRA, 2016; GOUVEIA; OLIVEIRA, 2018). Estima-se que, em média, um suíno produz, aproximadamente, 2,3 kg de esterco, que após misturar-se com urina e água tem seu volume aumentado, podendo chegar a produzir entre 4,9 a 7,0 litros de dejetos/dia, para suínos com faixa de peso entre 25 a 100 kg (BRASIL, 2016).

A suinocultura é considerada pelos órgãos de controle ambiental uma das atividades agropecuárias de maior impacto ambiental (RIZZONI et al., 2012). Os dejetos de suínos são 260 vezes mais poluentes que os esgotos domésticos e apresenta uma capacidade poluente equivalente à de 3,5 pessoas (HACHMANN et al., 2013; CANCELIER et al., 2015). Além disso, as águas residuárias da suinocultura apresentam composição físico-química extremamente variada, que depende da raça, do peso e da idade dos animais, da alimentação, da fase de crescimento, da época do ano, da quantidade de água utilizada nas instalações para fins sanitários, dos desperdícios nos bebedouros, da possível incorporação de águas pluviais ao efluente, dos modelos de sistema de produção, da forma de armazenamento e do manejo dos resíduos (KOWALSK et al., 2014; MATOS; MATOS, 2017). De acordo com Matos; Matos, (2017), as águas residuárias provenientes de criatórios de animais, se não tratadas de forma adequada, podem ser fontes de poluição para o ambiente, seja pela inserção de substâncias orgânicas ou inorgânicas, ou pela modificação das características físicas, químicas ou biológicas, em especial, do meio aquático ou terrestre.

Dentre as formas de tratamento de águas residuárias, está a filtração, que consiste na passagem do líquido a ser tratado por um meio poroso onde ocorre a separação sólido-líquido, através de processos físicos podendo ainda envolver fenômenos químicos e biológicos, resultando na retenção de impurezas (MÜLLER, 2016). A filtração é um dos métodos mais antigos e mais simples de remover contaminantes presentes no meio aquoso. Geralmente, a areia é um dos meios filtrantes mais utilizados nesse processo. No entanto, essa operação é confiável quando a água bruta possui baixa turbidez e baixos sólidos suspensos (ISLAMUDDIN et al., 2016). Por essa razão, quando os efluentes são altamente turvos, os filtros de areia comuns não podem ser usados de forma eficaz.

O desenvolvimento de filtros orgânicos confere uma maior capacidade de remoção de poluentes devido à eficiência dos meios filtrantes de adsorver solutos e reter sólidos (ISLAMUDDIN et al., 2016). Cabe ressaltar ainda, que a utilização desta tecnologia para o tratamento da ARS destaca-se pelo uso de resíduos agropecuários, de origem orgânica (que muitas vezes são dispostos no meio ambiente de maneira inadequada). Os resíduos orgânicos quando utilizados para adsorção são denominados de biossorventes, que é a denominação dada à biomassa sólida empregada para a remoção ou recuperação de vários contaminantes, através de vários

mecanismos físico-químicos (REDDY et al., 2017). A reutilização desses materiais (de natureza abundante, de baixo custo e prontamente disponíveis) como meios filtrantes e posterior reciclagem, por meio de processos biológicos, é a principal vantagem da aplicação deste método.

No país existem poucos trabalhos que abordem o uso de filtros orgânicos em tratamentos de águas residuárias decorrentes da suinocultura. Ao avaliar o desempenho de filtros orgânicos utilizando serragem de madeira e bagaço de cana-de-açúcar, Magalhães et al., (2006) observaram que houve uma remoção média de 90 a 99% de sólidos suspensos em ARS empregando-se serragem de madeira e de 81 a 96% quando foi utilizado o bagaço de cana. Lo Monaco et al., (2011a) obtiveram eficiências de remoção de DQO de 50 a 80% e de cobre entre 85 e 95%, utilizando o triturado de bagaço de cana. Visando avaliar a remoção de óleos e graxas presente em água residuária de suinocultura, Magalhães; Lo Monaco; Matos (2013) observaram remoções de 97,2% e 88,9% utilizando filtros preenchidas com bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira, respectivamente. Em pesquisa, Oliveira; Pinheiro; Campos (2017) averiguaram retenção de cobre, zinco e manganês acima de 99% empregando-se bagaço de cana como meio filtrante no tratamento da ARS.

Após o tratamento da água residuária com filtração, os resíduos orgânicos, utilizados como meio filtrante devem ser tratados antes de serem descartados ao meio ambiente. Dependendo do poder de adsorção do filtro orgânico, pode ocorrer a retenção de nutrientes, como N e P, mas também metais pesados e organismos patogênicos. De acordo com Reddy et al., (2017), a produção de fertilizantes, a partir dos biossorventes, seria uma alternativa economicamente viável e sustentável, sendo um passo importante para alcançar os objetivos globais de segurança alimentar, do solo, hídrica e energética.

METODOLOGIA

Local de instalação do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Matéria Orgânica e Ciclagem de Nutrientes (LMOCN) no Departamento de Solos, Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Campus Seropédica (RJ).

Procedimentos metodológicos

A metodologia adotada para a realização desta pesquisa baseou-se nas seguintes etapas:

(a) Confeccção da coluna filtrante

A coluna filtrante foi confeccionada reutilizando recipientes plásticos (utilizados pelas indústrias alimentícias para acondicionar margarina) de 30 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento, com capacidade de 15 L cada. Estes foram adquiridos em panificadas da cidade de Volta Redonda-RJ. O uso destes deu-se mediante a fácil obtenção, o baixo custo aquisitivo e, principalmente, devido à facilidade de confecção e operação dos filtros.

A coluna foi montada utilizando-se dois recipientes, resultando numa coluna de 60 cm de comprimento, sendo um empregado para compor a parte superior da coluna (deste foi retirado o fundo com auxílio de um ferro de solda) e outro para integrar a parte inferior (neste foi acoplado uma torneira para permitir a saída do efluente). Utilizou-se ainda, uma tela de náilon no orifício interno da torneira para evitar o transporte do material filtrante para fora da coluna. Nas paredes internas da coluna foi colada areia, de modo a aumentar a rugosidade, minimizando assim o fluxo preferencial (TEIXEIRA et al., 2013). Após os procedimentos descritos acima, as partes superior e inferior da coluna foram conectadas por meio de uma tampa de plástico (nesta foi feita uma abertura circular com auxílio de um ferro de solda) e, posteriormente, vedadas com adição de uma camada de durepoxi e outra de vedatudo. Foram confeccionadas três colunas filtrantes.

(b) Obtenção e caracterização dos resíduos orgânicos

Os resíduos orgânicos, utilizados como meios filtrantes foram o bagaço de cana-de-açúcar e a serragem de madeira. Esses materiais foram selecionados de acordo com a facilidade de obtenção, disponibilidade regional e por se destacarem na literatura no tratamento de águas residuárias. O bagaço de cana-de-açúcar foi obtido em feira livre e a serragem de madeira em serralheria, ambos na cidade de Volta Redonda-RJ.

O bagaço de cana-de-açúcar, a serragem de madeira e a combinação entre estes resíduos foram avaliados antes da operação dos filtros. Os parâmetros avaliados foram: densidade global (ρ_g), determinada pelo método da proveta; densidade de partículas (ρ_p), por meio do método do balão volumétrico (volume de álcool etílico necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico de 50 ml); porosidade total ($1 - \rho_p/\rho_g$); umidade por meio de secagem em estufa à 65°C, por 24 horas e; pH, mensurado em solução de água destilada (5:1 v/v) e em solução de cloreto de potássio (KCl 1 N) com auxílio de um pHmetro de bancada, marca *Sensoglass* SP1800. O pH foi mensurado nas soluções (H₂O e KCl) com vistas a se determinar e eletronegatividade dos materiais investigados neste estudo (BRANDÃO et al., 2003). As análises mensuradas foram realizadas em cinco repetições, de acordo com procedimentos descritos por Donagema et al., (2011).

(c) Secagem e triagem dos resíduos

O bagaço de cana-de-açúcar foi seco ar por quatro dias devido ao alto teor de umidade. O procedimento de secagem não foi necessário à serragem de madeira. Em seguida, os dois resíduos passaram por uma triagem (de forma a retirar materiais indesejáveis como plásticos, papéis, vidros).

(d) Trituração e ajuste da granulometria

O bagaço de cana-de-açúcar foi o único material triturado, dado que a serragem de madeira costuma ser constituída por partes menores (mistura de lascas e pó). O bagaço foi triturado com auxílio de um triturador de resíduos orgânicos (*Trapp TR-200*). Posteriormente, os dois resíduos foram peneirados, de modo a se obter um material com granulometria entre 2-4 mm, segundo recomendações de Lo Monaco et al., (2004) que destaca esta faixa como sendo a que proporciona maior taxa de filtração, sem aumento excessivo das perdas de carga no sistema e maior retenção de poluentes.

(e) Acondicionamento dos resíduos na coluna filtrante

Considerando que a coluna empregada neste estudo apresentou 60 cm de comprimento, o acondicionamento dos resíduos foi feito da seguinte forma: Adicionaram-se 1,600 kg de brita, previamente lavada e seca em estufa a 105 °C por 24 h, na parte inferior e superior da coluna, visando evitar a passagem de partículas do meio para o efluente e a obstrução do orifício de saída, bem como, o selamento superficial, respectivamente (FRANCISCO et al., 2014). Logo após a primeira camada de brita, a coluna foi preenchida com 2,265 kg de serragem de madeira, seguidamente, adicionaram-se 1,623 kg de bagaço de cana-de-açúcar. A quantidade, em massa, de brita, serragem e bagaço de cana colocados na coluna foi a necessária para que cada material atingisse uma altura de 4 cm e 25 cm, nesta ordem. Dessa maneira, a coluna foi ocupada por 8 cm de brita (camada inferior e superior) e 50 cm pelos dois resíduos, restando 2 cm de espaço na mesma. Cada camada foi comprimida por meio da pressão exercida por um indivíduo com massa de 54 kg, apoiando-se em um só pé (MAGALHÃES; LO MONACO; MATOS, 2013).

(f) Obtenção da água residuária da suinocultura (ARS)

A água residuária foi obtida na esterqueira do Setor da Suinocultura, no Instituto de Zootecnia da UFRRJ em fevereiro de 2018. A esterqueira possui 8 m³ (2 m de profundidade, 2 m de comprimento e 2 m de largura) e recebe água residuária proveniente de 51 baias, conforme menciona Oliveira; Pinheiro; Campos (2017). No momento da coleta, as baias abrigavam 48 suínos, distribuídos entre as fases de engorda e terminação. Antes de ser armazenada em galões

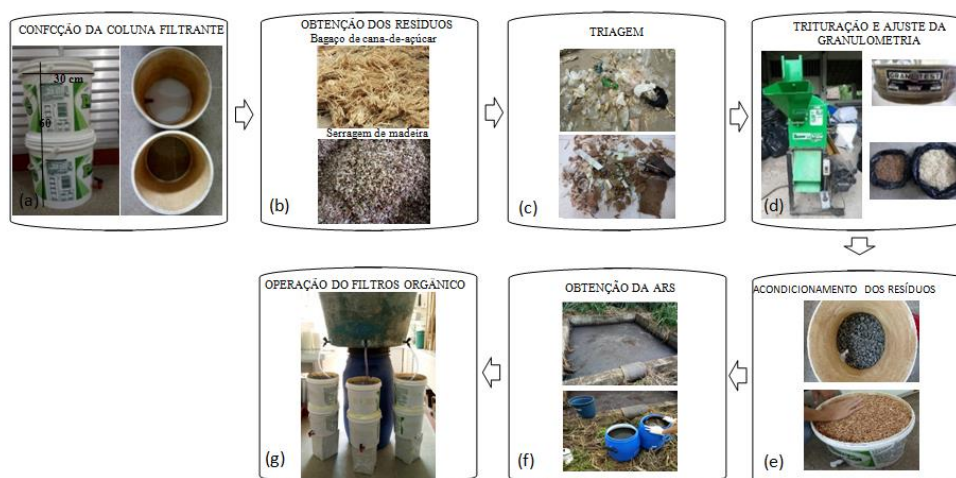
de 30 L, toda ARS coletada, cerca de 120 L, passou por uma peneira de malha de 2 mm, com vistas a remover sólidos grosseiros configurando-se como um tratamento preliminar, conforme Barros et al., (2015), bem como, evitar o entupimento das torneiras de alimentação das colunas durante a execução do experimento. Após a coleta, ARS foi encaminhada ao LMOCN, sendo posteriormente transferida e armazenada em caixa d'água de polietileno com capacidade para 500 Litros, que permaneceu em um suporte de onde foi redistribuída para os filtros posicionados sobre um suporte num nível mais abaixo. Para que fosse possível a alimentação dos filtros, por gravidade, mediante a caixa d'água, foram conectadas torneiras na parte inferior da mesma.

(g) Operação do filtro: Caracterização da ARS bruta e efluente filtrado

Os três filtros foram operados por 45 minutos, sem interrupção, sendo filtrado ao todo, 40 L em cada coluna, logo, toda água residuária coletada na suinocultura (120 L) foi filtrada. O escoamento foi mantido na condição permanente, em meio saturado, durante toda a fase de operação dos filtros. As três colunas filtrantes foram, simultaneamente, preenchidas com ARS, até que fosse atingida uma altura de 0,5 cm, para então, abrir as torneiras de saída da coluna, permitindo a coleta do efluente filtrado. A ARS bruta foi revolvida constantemente objetivando impedir a sedimentação do material no fundo do reservatório (MATOS; MAGALHÃES; SARMENTO, 2010). A coleta do filtrado foi feita por meio de frascos plásticos de 2 L. Para a caracterização físico-química do afluente (ARS bruta), retirou-se uma alíquota de 150 ml do reservatório de armazenamento e para o efluente filtrado, 100 ml a cada 5 L. As amostras da ARS e do efluente foram coletadas e preservadas conforme as condições exigidas na NBR 9898 (ABNT, 1987).

Os parâmetros foram avaliados conforme especificações contidas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). Sendo estes parâmetros: pH por meio de um pHmetro de bancada, marca *Sensoglass* SP1800, seguindo o método 4500 B; condutividade elétrica utilizando um condutivímetro de bancada (*Digimed* DM3PPE2) conforme 2510 B; cor aparente (realizada através de um espectrofotômetro modelo Hach DR 3900) conforme método 2120 B; turbidez mediante um turbidímetro de bancada *Hanna* HI9370311 (procedimento 2130 B); teores de sólidos totais (ST), sólidos totais voláteis (STV) e sólidos totais fixos (STF) (método 2540 E). As análises supracitadas foram executadas nos Laboratórios de Matéria Orgânica e Ciclagem de Nutrientes do Departamento de Solos, e no de Monitoramento Ambiental I (Água e Efluentes) do Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, ambos pertencentes a UFRRJ. Todas as análises foram realizadas em triplicata. As etapas descritas anteriormente podem ser visualizadas na (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma das etapas de confecção e montagem das colunas, obtenção da ARS bruta e operação dos filtros constituídos por bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira.



Análise estatística dos dados

O desempenho dos filtros foi avaliado estatisticamente por meio da análise de regressão, utilizando o software de análise de dados e gráficos *OriginLab*, no qual foi realizado o ajuste de equações matemáticas relacionando a concentração relativa (razão entre as concentrações de saída (efluente - X) e de entrada no filtro, água residuária bruta (afluente - X_0), das variáveis físicas e químicas em função do volume da ARS filtrado. A razão X/X_0 maior que 1,0 significa que o efluente contém uma concentração maior que a do afluente, segundo Lo Monaco et al., (2009). Considerou-se satisfatório o ajuste que proporcionou coeficiente de determinação maior que 70% e significância mínima de 1% de probabilidade nos coeficientes (LO MONACO et al., 2014). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos meios filtrantes

As características físico-químicas da serragem de madeira, do bagaço de cana-de-açúcar e sua junção estão apresentadas na (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização física e química dos resíduos orgânicos e sua combinação, utilizados neste estudo como meios filtrantes no tratamento da ARS.

Material	U	ρ_g	ρ_p	P_T	pH		ΔpH
	%	g/cm^3		cm^3/cm^3	H ₂ O	KCl	
Serragem de madeira	11,79	0,14	0,81	0,83	3,73	3,50	-0,23
Bagaço de cana-de-açúcar (triturado)	10,34	0,09	0,42	0,79	3,56	3,17	-0,39
Serragem + Bagaço de cana	7,35	0,13	0,65	0,80	3,80	3,47	-0,33

U - umidade; ρ_g - densidade global; ρ_p - densidade de partículas; P_T - porosidade total; $\Delta pH = pH_{KCl} - pH_{H_2O}$.

De acordo com Albinante et al. (2012), a água pode atuar como um plastificante na estrutura dos polímeros naturais, dessa forma, materiais orgânicos que apresentam menor teor de umidade podem ser eficazes na retenção de poluentes das águas residuárias. Assim, a combinação entre serragem e bagaço de cana pode contribuir para uma maior retenção de poluentes, dado o menor teor de umidade (7,35%). A umidade ainda, pode interferir na porosidade do material, alto teor de umidade implica no intumescimento das partículas, o que faz com que o espaço entre estas diminua, poros vazios permitem a entrada de ar ou líquido de maneira mais efetiva (MENDES; CHAUX; THOMEIO, 2014).

A densidade global e das partículas da serragem, do bagaço de cana triturado e junção entre estes materiais foram de 0,14 e 0,81; 0,09 e 0,42, 0,13 e 0,65 g/cm^3 , na devida ordem. As características dos meios filtrantes conferem diferentes massas para um mesmo volume de material, considerando as diferentes formas geométricas, dentre outras características. Observa-se que a serragem se mostrou mais porosa que o bagaço e a junção entre os dois materiais. Este resultado corrobora com os encontrados por Magalhães, Lo Monaco; Matos (2013), podendo este material, na coluna filtrante, exibir uma maior capacidade para reter impurezas e prolongar o tempo de vida útil de operação do filtro. Percebe-se ainda, que o bagaço de cana é o mais eletronegativo, e que a combinação entre resíduos pode ser um fator positivo, dado que um material pode ser menos eletronegativo que o outro (caso da serragem quando comparado ao bagaço de cana) e a junção pode melhorar essa característica. Quanto mais eletronegativo for o material, ou seja, mais cargas negativas predominarem as positivas, maior será a capacidade deste de adsorver metais (Tabela 1).

Caracterização da ARS

A caracterização inicial da ARS bruta é demonstrada (Tabela 2). É possível, por meio dos resultados, aferir que água residuária estava muito diluída, principalmente, devido aos baixos teores de sólidos totais e ao valor de condutividade elétrica. Entretanto, estes valores encontram-se dentro da faixa observada para água residuária proveniente do setor da suinocultura, que estão entre 840 a 132.000 mg/L para ST e 0,6 e 9,1 mS/cm para CE (MATOS; MATOS, 2017).

Tabela 2. Valores médios obtidos para as variáveis físicas e químicas da água residuária bruta coletada no setor da suinocultura da UFRRJ.

Parâmetro	Valor médio
Sólidos totais (mg/L)	2016
Sólidos totais fixos (mg/L)	588
Sólidos totais voláteis (mg/L)	1428
pH	7,19
Condutividade elétrica (mS/cm)	1,43
Cor aparente (PtCo)	2.457,5
Turbidez (FTU)	313,33

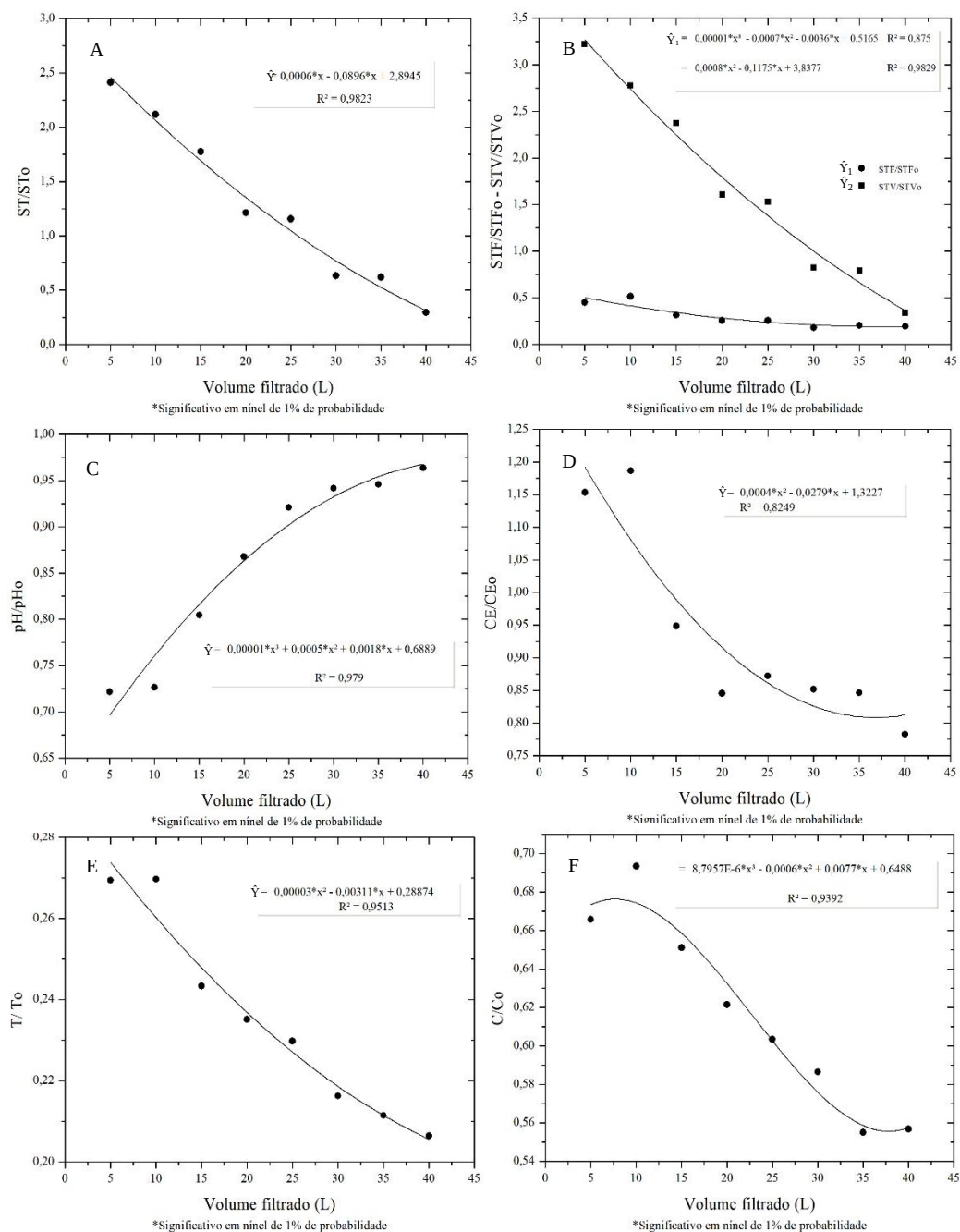
Ao avaliar o desempenho de um filtro constituído por bagaço de cana-de-açúcar utilizando ARS, coletada no mesmo local e na mesma estação do ano (verão) desta pesquisa, Oliveira; Pinheiro; Campos (2017) atribuíram tal diluição a dois principais motivos: (i) o canal de escoamento das baias até a esterqueira possui baixa declividade, dificultando assim o escoamento, sendo dessa forma empregado grande volume de água durante a limpeza e; (ii) no verão é utilizado um volume elevado de água por meio de um sistema de ventilação e aspersão objetivando o controle da temperatura do ambiente. Cabe acrescentar também, a possível incorporação de águas pluviais ao efluente, dado que no verão, ocorrem chuvas frequentes na região alvo deste estudo.

Desempenho do filtro orgânico

Os modelos ajustados relacionando as concentrações relativas de sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF) e voláteis (STV), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), turbidez (T) e cor aparente (C) em função do volume de ARS filtrada, estão apresentados na (Figura 2). Cabe ressaltar que a concentração relativa (X/X_o) indica a relação entre as concentrações de saída (ARS filtrada - X) e de entrada (ARS bruta - X_o) no filtro, dessa forma, um valor de X/X_o superior a 1, significa que a ARS filtrada contém uma concentração do parâmetro analisado maior que a da ARS bruta.

Conforme os resultados apresentados (Figura 2A), observa-se um acréscimo na concentração relativa de sólidos totais (ST) nos primeiros 25 L de efluente coletado. O aumento de ST nos primeiros litros filtrados é um comportamento visto em pesquisas em que se empregam resíduos orgânicos como meio filtrante no tratamento de águas residuárias (LO MONACO et al., 2009; LO MONACO et al., 2011; OLIVEIRA; PINHEIRO; ARAÚJO, 2017). Segundo Oliveira; Pinheiro; Campos (2017), esse acréscimo deve-se, provavelmente, ao transporte de pequenas partículas contidas na superfície do material orgânico. Apesar de inicialmente proporcionar uma elevação na concentração ST, a associação dos dois resíduos na coluna filtrante mostrou-se eficiente na remoção de sólidos totais (ST), dado que a partir dos 30 L observou-se uma redução neste parâmetro, obtendo aos 40 L uma eficiência de remoção de 70% de ST.

Figura 2. Concentração relativa (X/Xo) de ST (2A), STV, STF(2B), pH (2C), CE (2D), T(2E) e C (2F) em função do volume da água residuária da suinocultura filtrado.



A junção na mesma coluna de serragem e bagaço de cana proporcionou uma eficiência média de remoção de ST de 48%, ao longo de todo o processo de filtração que ficou dentro de um período de tempo de 45 minutos. Utilizando a serragem de madeira como meio filtrante no tratamento da ARS, Magalhães et al.,(2006) averiguaram uma eficiência média de remoção de ST da ARS nos filtros entre 43 a 57%, após 60 min de operação, Oliveira; Pinheiro; Campos (2017) verificaram uma retenção de sólidos totais de 43%, ao operar um filtro constituído por bagaço de cana-de-açúcar, num longo período de 7 horas. De acordo com Matos et al. 2010, a velocidade de escoamento do líquido em tratamentos considerados muito lentos evidencia o fim da operação dos filtros devido ao entupimento dos poros dos meios.

Outro aspecto importante é evidenciado por meio da análise do comportamento da curva de regressão, na qual percebe-se uma tendência linear de redução da concentração de sólidos totais

na ARS filtrada, o que pode indicar que capacidade de retenção de ST ainda não foi atingida, significando que o filtro ainda poderia reter sólidos. Resultados contrários foram atentados nos estudos desenvolvidos por Oliveira; Pinheiro; Campos (2017) e Oliveira; Pinheiro; Araújo, (2017), nos quais estes notaram que aos 40 L de ARS filtrada ocorreu aumento no teor de ST e o consequente esgotamento da capacidade do filtro de retenção dos mesmos, ao empregar bagaço de cana e palha de feijão como elementos filtrantes, nessa ordem.

Pode-se verificar a concentração relativa de sólidos voláteis totais (STV) e sólidos fixos totais (SFT) (Figura 2B). Conforme Lo Monaco et al., (2009), STV é um parâmetro indicativo da presença de material orgânico na água residuária. Nota-se um comportamento similar ao ocorrido com os ST, em que nos primeiros 25 L houve aumento na concentração e logo após uma redução, alcançando uma remoção de 66%, aos 40 L de ARS filtrada e uma eficiência média de remoção em torno de 35%. Já a respeito dos STF, não se observou um aumento durante todo processo de filtração, estando os valores desta variável inferiores (entre 105 a 302,5 mg/L) aos da água residuária da suinocultura bruta, 588 mg/L. As maiores remoções foram alcançadas a partir dos 15 L filtrados, tendo seu ápice aos 40 L (80%). O sistema de filtração para SFT obteve uma eficiência média de 70%.

A respeito da variável pH (Figura 2C), percebe-se um decréscimo nos valores deste parâmetro no decorrer de toda etapa de filtração, sendo que, entre 5 e 15 litros de ARS filtrada houve uma variação de 5,2 a 5,7, respectivamente, e entre 20 e 40 L, de 6,2 e 6,9, nesta ordem, passando assim, o filtrado a ficar próximo do valor da ARS bruta, que apresentou valor de 7,19 (Tabela 2). A composição dos resíduos orgânicos pode interferir na redução ou no aumento do pH da água residuária, pois materiais cuja constituição química apresente maiores concentrações de ácidos orgânicos e cuja solubilização libere-os com maior facilidade podendo contribuir para a redução do pH do efluente filtrado (OLIVEIRA; PINHEIRO; ARAÚJO, 2017). Mediante o comportamento da curva de regressão polinomial obtida, observa-se que o pH tende a aumentar podendo chegar ao valor da ARS bruta afluente. No caso da variável pH, a tendência observada de proximidade do valor do efluente filtrado ao do afluente (ARS bruta) condiz com os verificados na literatura ao se utilizar filtros preenchidos por resíduos orgânicos. Atestou-se ainda, que a combinação de serragem com bagaço de cana, pode reduzir o valor do pH do efluente filtrado nos primeiros volumes filtrados, dado que em água a serragem de madeira apresentou pH de 3,50 e o bagaço de cana-de-açúcar de 3,17, e nos primeiros 5 L coletados observou-se pH de 5,2, como supracitado. O pH desejável a ser obtido na ARS é de 6,5, pois nessa faixa de pH o teor de alumínio está próximo a zero.

A condutividade elétrica da ARS filtrada esteve maior que a da ARS bruta, somente até os 10 L coletados inicialmente, como pode ser visto (Figura 2D). De acordo com Brandão et al., (2000) tal fato pode ser causado devido a solubilização de sais, como o sódio e o potássio, que estão entre os principais elementos que podem ser lixiviados e aumentar a CE do efluente filtrado. Posteriormente, averiguou-se uma diminuição na CE, tendo aos 40 L uma redução de até 21,7%. O decréscimo na salinidade no efluente, torna-se interessante, caso este seja utilizado para fins de fertirrigação, minimizando, assim, possíveis problemas osmóticos ao solo e às plantas. Segundo Lo Monaco et al., (2009), a diminuição da CE no efluente, torna-se atrativa, caso a destinação deste seja a utilização no solo por meio da fertirrigação, pois assim, é possível minimizar os danos causados pelo excesso de sal no solo.

É possível observar que durante todo processo de filtração ocorreram reduções significativas nos valores de turbidez (Figura 2E), com eficiência média de remoção de 76%. Verificou-se ainda, que a maior remoção de turbidez (79%) ocorreu aos 40 L (Figura 3). A turbidez é um parâmetro que está associado à presença de matéria em suspensão, logo, a avaliação deste mede indiretamente a concentração de sólidos em suspensão (JORDÃO; PESSOA, 2011). Valores elevados deste parâmetro podem reduzir a passagem de luz, prejudicando o processo de fotossíntese em corpos d'água receptores, além disso, as partículas em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos, o que pode impossibilitar a eficiência da desinfecção (VON SPERLING, 2014). Estes fatores tornam a turbidez um indicador de

qualidade ambiental e sanitário de grande importância, assim, a remoção deste possibilita redução dos poluentes no efluente e podem indicar a eficiência do sistema de tratamento empregado.

Figura 3. Efluente filtrado aos 40 L por meio do filtro preenchido pela combinação entre serragem de madeira e bagaço de cana-de-açúcar (A) e água residuária bruta, obtida no setor da suinocultura da UFRRJ (B).



Com relação à cor aparente (Figura 2F), pode-se notar que a combinação dos resíduos na coluna filtrante não conferiu aumento deste parâmetro, e sim redução durante todo tratamento, uma vez que a ARS bruta apresentou cor aparente de 2.457,5 PtCo (Tabela 2) e o valor máximo observado no efluente filtrado foi de 1.636,3 PtCo, correspondente este, aos 5 primeiros litros filtrados. Atestou-se que as menores e maiores remoções deste parâmetro se deram entre 5 e 30 L (em torno de 33 a 41%) e 35 e 40 litros (cerca de 44, 5%), respectivamente, sendo que a eficiência média de remoção para tal variável foi igual a 38,33%. Cabe ressaltar que a eficiência média final obtida neste estudo, pode ser considerado satisfatória de acordo com Magalhães et al., (2006), uma vez que a separação física (que ocorre no processo de filtração) não é eficaz na remoção de sólidos dissolvidos e, por conseguinte, de cor aparente, já que este parâmetro é a medida indireta de sólidos dissolvidos. Os autores atestam que parte dos sólidos dissolvidos pode ficar retidos na massa do meio filtrante por capilaridade, devido ao fenômeno de adsorção, mediante forças eletrostáticas.

Ao estudar diferentes tipos de resíduos sólidos orgânicos com vistas a avaliar seu potencial como meio filtrante para o tratamento de águas residuárias, Oliveira et al., (2017) observaram que a serragem de madeira e o bagaço de cana-de-açúcar foram, dentre os materiais avaliados, os que conferiram menor valor para cor aparente, o que demonstra o potencial de uso destes dois materiais. As autoras destacam ainda que, embora o parâmetro em questão não indique a eficiência de remoção de poluentes do tratamento, é esteticamente desagradável um efluente que apresente elevado valor de cor.

CONCLUSÕES

O emprego da serragem de madeira e bagaço de cana-de-açúcar como meios filtrantes, na mesma coluna, possibilitou melhora em todas as variáveis avaliadas nesta pesquisa. Dessa forma, pode-se constatar que o filtro utilizando os dois resíduos foi capaz de atingir o nível de tratamento primário, devido principalmente à remoção de sólidos totais e de turbidez, por ser esse último a medida de sólidos em suspensão. As melhores eficiências do sistema de filtração foram averiguadas no último volume de ARS filtrada (40 L). Por fim, a técnica em questão apresenta potencial para ser utilizada, em especial, em pequenas propriedades rurais onde, muitas vezes, o tratamento convencional possui custo elevado e não abrange tais localidades.

AGRADECIMENTOS

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da UFRRJ. Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul (AGEVAP) na elaboração da pesquisa (Edital 02/2017). Aos Laboratórios de Matéria Orgânica e Ciclagem de Nutrientes do

Departamento de Solos e de Monitoramento Ambiental I (Água e Efluentes) do Departamento de Engenharia, ambos da UFRRJ.

REFERÊNCIAS

ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual. 2016**. Disponível em: <http://abpabr.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf> Acesso em: 13 de abr. 2018.

ALBINANTE, S. R.; PACHECO, E. B. A. V.; VISCONTE, L. L. Y.; TAVARES, M. I. B. Caracterização de fibras de bananeira e de coco por ressonância magnética nuclear de alta resolução no estado sólido. **Polímeros**, v.22, 460-466p., 2012.

APHA - **American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21.ed. Washington APHA, 2005. 1600p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 9898: **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1987.

BARROS, C. A. G.; SILVA, V. P.; LIMA, M. A. B. Avaliação de fósforo e nitrogênio em lodo biológico gerado em estação de tratamento de chorume com vistas ao seu aproveitamento na agricultura. **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas**. EL-DEIR, S.G.; GUIMARÃES, E. S.(org.). 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2015. 455 p.

BHATNAGAR, A.; SILLANPÄÄ, M.; WITEK-KROWIAK, A. Agricultural waste peels as versatile biomass for water purification - a review. **Chem. Eng. J.**, v.270, p. 244–271, 2015.

BRANDÃO V. S, MATOS A. T, MARTINEZ M. A, FONTES M. P. P. Tratamento de águas residuárias da suinocultura utilizando-se filtros orgânicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4 n. 3: p.327-333, 2000.

BRANDÃO, V. S.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, M. A.; FONTES, M. P. P.; MARTINEZ, M. A. Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.329-334, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Suinocultura de baixa emissão de carbono: tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de suínos**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Mobilidade Social, do Produtor Rural e do Cooperativismo. – Brasília: MAPA, 100 p., 2016.

BÜHRING, G. M. B.; SILVEIRA, V. C. P. O biogás e a produção de suínos no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.5, n.2, p.222-237, 2016.

CANCELIER, A.; DAL' SOTO, U. P.; COSTELLI, M. C.; LOPES, T. J.; SILVA, A. Avaliação da produção de biogás de dejetos de suínos utilizando a metodologia de superfície de resposta. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.2, abr/jun, p.209-217, 2015.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise do solo**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos – SISVAR 5.6 (Build 67)**. Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FRANCISCO, J. P.; SILVA, J. G. B.; NASCENTES, A. L.; SILVA, L. D. B.; Folegatti, M. V. Desempenho de filtros orgânicos com o uso de extrato de sementes de *Moringa oleifera* LAM. **Revista Irriga**, v. 19, n.4, p. 705-713, 2014.

GOUVEIA, R. J. L.; OLIVEIRA, L. R. G. Utilização e destinação de resíduos agropecuários no Brasil. **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL- DEIR, S. G. (Org.). 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2018. 536 p.

- HACHMANN, T. L.; LAURETH, J. C. U.; PARIZOTTO, A. A.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Resíduos de aves e suínos: Potencialidades. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 59 - 65, dez. 2013.
- ISLAMUDDIN; AHMAD, I.; ALI, N.; MUMTAZ, N. Domestic Wastewater Treatment by Low-Cost Natural Adsorbents. **International Journal for Scientific Research & Development**. v. 4, p.1768-1771, 2016.
- JORDÃO, P; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.1087 p.
- KIEHL, E. J. **Novos Fertilizantes Orgânicos**. **Agronômica**. Ceres – Ltda, Piracicaba. 2010. 248p.
- KOWALSKI, Z.; MAKARA, A.; MARSZALEK, M.; HOFFMANN, J.; HOFFMANN, K. The impact of dry mass content in pig liquid manure on its treatment with a filtration method. **Polish Journal of Chemical Technology**, vol. 16, n. 3, p.106 -110, 2014.
- LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; RIBEIRO, I. C. A.; BATISTA, A. P. S.; MIRANDA, S.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V. Tratamento de esgoto sanitário utilizando coagulante natural seguido de filtro orgânico. **Revista Caatinga (Online)**, v. 27, p. 28-40, 2014.
- LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; SARMENTO, A. P.; JÚNIOR, A. V. L.; LIMA, J. T. Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Engenharia na Agricultura**, volume da ARS filtrada, v.17, n.6, p.473-480, 2009.
- LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; BRANDÃO, V. S. Influência da granulometria dos sólidos triturados de sabugo de milho e bagaço de cana-de-açúcar como materiais filtrantes no Tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.5, p.974-984, 2011a.
- LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; JORDÃO, C. P.; CECON, P. R.; MARTINEZ, M. A. Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.116-119, 2004.
- LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A.T.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.; SARMENTO, A. P.; MOREIRA, R. M. G. Desempenho de filtros constituídos por pergaminho de grãos de café (*Coffeasp.*) no tratamento de águas residuárias. **Coffe Science**, Lavras, v.6, n.2, p.120-127, 2011b.
- MAGALHÃES, M. A.; MATOS, A. T.; DENICULI, W.; TINOCO, I. F. F. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Jaboticabal, v.10, n.2, p.472–478, 2006.
- MAKARA, A; KOWALSKI, Z. Selection of pig manure management strategies: Case study of Polishfarms. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 187-195, 2017.
- MATOS, A. T.; MAGALHAES, M. A. SARMENTO, A. P. Perda de carga em filtros orgânicos utilizados no tratamento de água residuária de suinocultura. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.527-537, 2010.
- MATOS, A. T.; MATOS, M. P. **Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas de alagados construídos**. Viçosa: Editora UFV, 2017. 371 p.
- MENDES, F. B.; CHAUX; A. M; THOMEIO, J. C. Efeito da umidade nas propriedades físicas e estruturais do bagaço de cana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 20, 2014, Florianópolis-SC. **Anais...** Florianópolis: ABEQ, 2014, 8p.
- MOREIRA, R. M. G. Desempenho de filtros constituídos por pergaminho de grãos de café (*Coffeasp.*) no tratamento de águas residuárias. **Coffe Science**, Lavras, v.6, n.2, p.120-127, 2011b.

MÜLLER, L. C. **Tratamento de água para abastecimento utilizando elementos filtrantes de madeira**. 141 fls. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

OLIVEIRA, A. P. S.; PINHEIRO, E. F. M.; ARAÚJO, S. C. Desempenho da palha de feijão como meio filtrante no tratamento da água residuária da suinocultura. **Diversidade e Gestão** v.1, n. 2, p.198-206. 2017.

OLIVEIRA, A. P. S.; PINHEIRO, E. F. M.; CAMPOS, D. V. B. Avaliação do tratamento da água residuária da suinocultura utilizando filtro orgânico constituído de bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Virtual Química**, v. 9, n. 5, p. 1-15, 2017a.

OLIVEIRA, A. P. S.; AGUIAR, T. C.; ARAÚJO, S. C., PINHEIRO, E. F. M. Avaliação do potencial dos resíduos orgânicos a serem utilizados na filtração de águas residuárias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA, 30, 2017, Fortaleza-CE. **Anais...**Fortaleza: AEAC, 2017, 6p.

PIMENTEL, S. M. F.; CAVALCANTI, G. S. A.; FILHO, M. A.; OLIVEIRA, C. E. S. Compostagem, método mais adequado ao tratamento dos resíduos sólidos orgânicos urbanos: experiência no município de Belo Jardim – PE. **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2018. 536 p.

PINTO, L. P.; CABRAL, A. C.; SCHNEIDER, L. T.; AZEVEDO, K. D.; FRIGO, J. P. FRIG, E. P. Levantamento de dados sobre os dejetos suínos e suas características. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, p. 179-187, 2014.

REDDY, D. H. K.; VIJAYARAGHAVAN, A. K.; KIM, J. A.; YUN, Y-SANG. Valorisation of post-sorption materials: Opportunities, strategies, and challenges. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 242, p. 35–58, 2017.

RIZZONI, L. B.; TOBIAS, A. C. T.; BIANCHI, M. D.; GARCIA, J. A. D. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, n.18, p.20, 2012.

SMANHOTTO, A.; SOUSA, A. P.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H. P.; PRIOR, M. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.346-357, mar.-abr. 2010.

TEIXEIRA, D. L.; MATOS, A. T.; LO MONACO, P. A. V.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.; BAKER, S. A. A. Filtration rates in inorganic filters submitted to different pose periods. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 35, n. 2, 2013, p.221-225, 2013.

TRAN, V. S.; NGO, H. H.; GUO, W.; ZHANG, J.; LIANG, S.; TON-THAT, C.; ZHANG, X. Typical low cost biosorbents for adsorptive removal of specific organic pollutants from water. **Bioresour Technol.** v. 182, p.353–363, 2015.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos** (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias). v. 1. 4ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472p.

2.9. APLICATIVO MÓVEL NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTUDO DE CASO DO APP EPERSOL

GUSMÃO, Amanda Cristina Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

amanda.cristina.gusmao@gmail.com

GUEDES, Flávio Leônicio

UFRPE

f_l_guedes@hotmail.com

SILVA, Rafaela de Sá Oliveira

UFRPE

oliveirarafacla765@gmail.com

DE OLIVEIRA, Pedro Mhatthaus Cerqueira

UFRPE

mhatthaus@gmail.com

RESUMO

O crescimento urbano impulsiona um aumento do consumo de insumos e aumento da produção de resíduos. A geração, tratamento e destinação dos resíduos sólidos urbanos constituem um dos principais problemas atuais. O procedimento de coleta e destinação final dos resíduos gerados apresenta-se como um dos maiores desafios a serem enfrentados pela sociedade. O Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos (EPERSOL) e o Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos são eventos anuais que têm como objetivo promover espaços de socialização e de debate do conhecimento produzido acerca da gestão de resíduos sólidos, com a participação de diferentes segmentos. A popularização dos celulares tem sido considerada por muitos a revolução tecnológica de maior impacto nos últimos tempos. A principal característica é a quebra da limitação da mobilidade e a pessoalidade que o equipamento proporciona aos seus usuários. O uso desses dispositivos tem modificado a forma como as pessoas interagem entre si e com o meio ambiente. Nesse contexto, o Epersol lançou o App 2018 sendo uma ferramenta de inovação na gestão. O objetivo do trabalho é apresentar a viabilidade de uma ferramenta digital na área de gestão de resíduos sólidos desde a geração até a destinação final. O App atendeu satisfatoriamente aos usuários e alcançou o objetivo por partir de elementos teóricos de acordo com a legislação brasileira vigente.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologias; Reciclagem; Gestão de resíduos.

INTRODUÇÃO

Para Teixeira (2013), o cenário ambiental brasileiro encontra-se em um processo de percepções e mudanças em busca da integração entre economia, sociedade e meio ambiente, bases do desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento e crescimento urbano traz consigo um aumento do consumo de insumos, exigindo assim, uma maior extração de matérias primas e recursos oferecidos pela natureza, além de aumentar a produção de resíduos (GUEDES et al., 2016).

Constata-se que há um aumento na necessidade de consumo e, por consequência, uma redução do tempo de vida dos produtos, gerando mais resíduos a serem lançados na natureza (BEZERRA, 2018). Por exemplo, a geração, tratamento e destinação dos resíduos sólidos urbanos constituem um dos principais problemas atuais da sociedade. O procedimento de coleta e destinação final dos resíduos gerados apresenta-se como um dos maiores desafios a serem enfrentados pela sociedade moderna. Sua importância deve-se a três fatores principais: a grande quantidade gerada, os gastos financeiros relacionados a sua gestão e os impactos ao ambiente e à saúde da população (AMEDOMAR, 2013).

O Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos (EPERSOL) e o Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos são eventos anuais que têm como objetivo promover espaços de socialização e de debate do conhecimento produzido acerca da gestão de resíduos sólidos, com a participação de diferentes segmentos sociais e institucionais, desde a comunidade científica, a gestão pública, a iniciativa privada, as organizações não-governamentais, dentre outros, vindos de todas as regiões do país (EPERSOL, 2018).

A questão dos resíduos sólidos, trata-se de uma temática atual e fundamental para ser trabalhada na construção de conhecimento de crianças e adolescentes, pois os resíduos sólidos são um problema constante nas áreas urbanas, de modo que contribua para formação de pessoas críticas e consciente com o meio ambiente (IQUEIRA et al., 2018)

A popularização dos celulares tem sido considerada por muitos a revolução tecnológica de maior impacto nos últimos tempos (International Data Corporation - IDC, 2013). A principal característica é a quebra da limitação da mobilidade e a pessoalidade que o equipamento proporciona aos seus usuários (RODRIGUES, 2011).

De certa forma, a crescente utilização dos smartphones, tablets e outros dispositivos repletos de recursos como GPS, internet e câmeras, é possível obter uma ferramenta capaz de auxiliar a comunidade interessada, proporcionando, de tal forma, uma rede colaborativa e integrada para o gerenciamento de resíduos sólidos (DANA, 2011). Nesse contexto, como proposta do Epersol Carbono Zero de reduzir a geração de resíduos na divulgação e realização do evento, o Epersol lançou o App 2018 sendo uma ferramenta de inovação na gestão. O Aplicativo tem a finalidade de facilitar o acesso do congressista à informação, tendo em vista que na plataforma é possível alcançar diversos conteúdos ao mesmo tempo na palma da mão.

Este estudo visa apresentar a viabilidade de se desenvolver uma ferramenta digital na área de gestão como um App utilizando-se de conteúdos teóricos sobre gerenciamento de resíduos sólidos. E também analisar a capacidade do software de facilitar o gerenciamento dos mais diversos tipos de resíduos desde a geração até a destinação final. Nesse sentido, a pesquisa tem a finalidade de lançar ideias que busque soluções demonstrando a viabilidade no uso destas tecnologias no escopo da sustentabilidade de acordo com a legislação brasileira vigente tendo como base o estudo de caso do App do Epersol 2018.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Política Nacional de Resíduos Sólidos e Normas brasileiras

Após seis anos da promulgação da Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), ainda há bastante o que progredir no âmbito da destinação, reaproveitamento e eliminação dos resíduos que não podem ser aproveitados por uma segunda vez, ainda são observados diversos desafios quanto à implementação da referida lei (FREITAS et al., 2017).

Assim sendo, ela define os resíduos sólidos como:

[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

A PNRS prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

A discussão em torno desta política marcou o início de uma forte articulação institucional envolvendo a União, estados e municípios, o setor produtivo e a sociedade civil, na busca de soluções para os problemas causados pela gestão inadequada dos resíduos sólidos urbanos, que compromete a qualidade de vida da população (TEIXEIRA, 2013).

Desenvolvimento sustentável

Segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - CMMAD (1987), no documento Nosso Futuro Comum:

“o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades”.

Este entendimento se baseou em dois conceitos:

- 1- o conceito de necessidades, principalmente as necessidades essenciais dos pobres no mundo, que devem receber alta prioridade;
- 2- a noção dos obstáculos que o estágio da tecnologia e da organização social impõe ao meio ambiente, impedindo-o de atender às necessidades presentes e futuras.

A proteção do ambiente não é um assunto a ser visto de forma estanque, no que diz respeito ao desenvolvimento econômico: ele permeia todo o universo das decisões políticas. É um grande sistema onde o sucesso depende da sinergia do todo. (MENDES, 2014).

Sustentabilidade

Sustentabilidade é um relacionamento entre sistemas econômicos dinâmicos e sistemas ecológicos maiores e também dinâmicos, embora de mudança mais lenta, em que: 1- a vida humana pode continuar indefinidamente; 2- os indivíduos podem prosperar; 3- as culturas

humanas podem desenvolver-se; mas em que 4- os resultados das atividades humanas obedecem a limites para não destruir a diversidade, a complexidade e a função do sistema ecológico de apoio à vida (GALLO, 2007).

Reduzir, reutilizar e reciclar (3R's)

Em áreas urbanas o lixo, deve ter como um dos seus principais objetivos, a redução de matérias. A redução e o reaproveitamento tem trazidos benefícios para a sociedade, para a economia e para o meio ambiente. Um conceito muito importante segundo Stephanou (2013) é aplicado para gerenciar os resíduos sólidos conceituando a partir dos 3 R's que atinge os parâmetros ambientais, sociais e econômicos. A gestão de resíduos sólidos deve ser feita observando as prioridades no conceito dos 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar).

A mobilidade e sua influência no cotidiano dos brasileiros

O uso de dispositivos móveis possibilita o acesso a serviços e informações a qualquer momento, por meio de redes sem fio e de diversos recursos, como: texto, voz, vídeo, internet, GPS, câmera, música e televisão. Ainda segundo o autor, estes recursos integrados podem melhorar significativamente a prestação de serviços, e, em particular, de serviços de governo eletrônico. As possibilidades vão muito além da realização de chamadas telefônicas, e são aplicáveis a diversas áreas como: educação, bancária, entretenimento, turismo e saúde (CHANGLIN, 2011).

METODOLOGIA

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico acerca da temática abordada, sobre gestão de resíduos sólidos onde foram selecionados artigos, legislações ambientais e metodologias de desenvolvimento de conteúdo web móvel. Após o levantamento bibliográfico foi proposto o Método do *Processtracing*, desenvolvido por George e Bennett como ferramenta teórica para subsidiar estudos de caso em políticas públicas (GEORGE; BENNETT, 2005).

A metodologia *Processtracing* possibilita “a análise de evidências nos processos, sequências e conjunturas de eventos num caso para o propósito de desenvolver ou testar hipóteses sobre mecanismos causais que possam explicar o caso” (BENNETT; CHECKEL, 2015).

Usasse o *processtracing*, portanto, quando se pretende explicar um efeito ou resultado específico, relacionado a um caso situado no tempo e no espaço, e necessita-se ter uma maior compreensão da natureza das relações causais que o geraram.

Em seguida foi feito o estudo de caso proposto por Yin (2005), quando o pesquisador tem acesso a um evento ou fenômeno até então inacessível à pesquisa científica, através de pesquisa quanti-qualitativa em que o formulário Google Forms foi utilizado como ferramenta para a coleta e análise de dados estatísticos, facilitando o processo de avaliação do público em relação ao App Epersol. O estudo foi realizado através de levantamento dos procedimentos e técnicas empregadas na tipologia e disposição de resíduos.

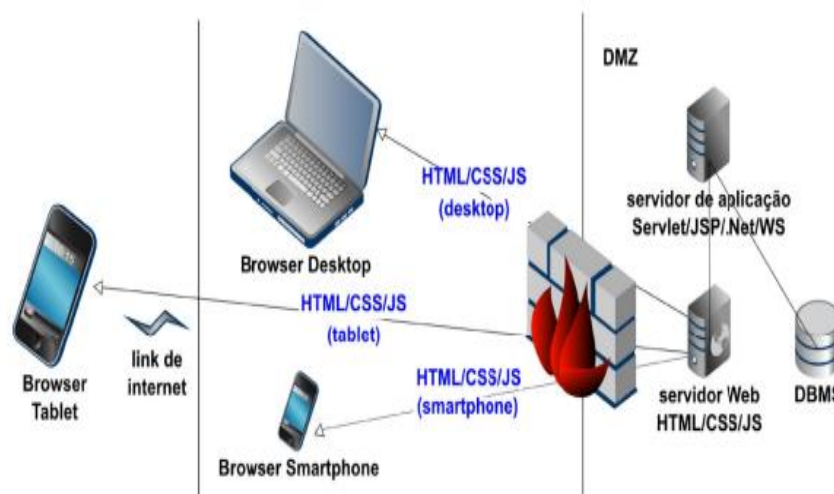
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento do conteúdo web móvel (APP Epersol)

O desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis engloba a construção de conteúdo web adaptado para a interação via estes dispositivos (Figura 1). Nesse caso, o usuário acessa um sítio ou aplicação web através do navegador web instalado em seu smartphone ou tablet (DANA, 2011). Através de uma conexão com a Internet ou a intranet, o navegador realiza uma requisição ao servidor web que contém o conteúdo web da aplicação ou sítio. Ao receber a requisição, este identifica qual é o dispositivo que está solicitando o conteúdo web e realiza o

redirecionamento para a página correta, seja um dispositivo móvel ou um computador pessoal (SERPRO, 2018).

Figura 1. Visão geral de arquitetura para o conteúdo web móvel do app Epersol



Fonte: SERPRO (2018)

Resíduos sólidos: origem e classificação

Na aba origem e classificação dos resíduos sólidos (linha 3 coluna 1) do App Epersol (Figura 2) indica que antes de apontar qualquer solução para a gestão de resíduos sólidos, é preciso conhecer a sua origem e classificação. A PNRS classifica os resíduos segundo a origem e segundo a periculosidade. Quanto à origem, podem ser: resíduos sólidos urbanos (que englobam os domiciliares e os de limpeza urbana. Quanto à periculosidade, a Lei classifica os resíduos em perigosos e não perigosos.

Figura 2. Layout Aplicativo Epersol



Fonte: EPERSOL (2018)

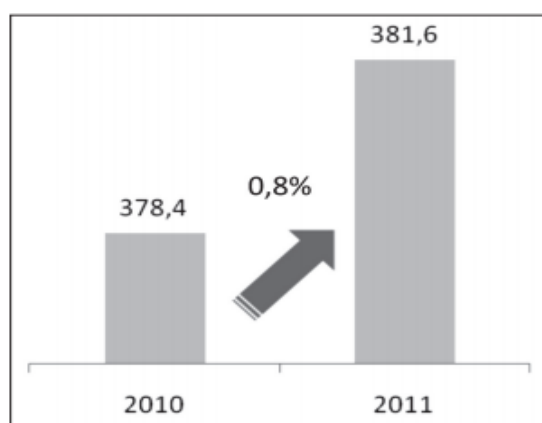
Uma das formas de classificação dos resíduos pode ser por geração (por tipologia, por etapa do processo produtivo e por periculosidade) e por destinação final (por tipologia, por etapa do processo produtivo e por periculosidade). Para registro da situação dos resíduos sólidos interessa traçar um quadro geral focado nos problemas mais frequentemente ocasionados pelos

resíduos nas localidades diagnosticadas. Interessa, além disso, registrar os resíduos com presença (em volume) mais significativa – muito provavelmente serão os resíduos urbanos, secos e úmidos, e os resíduos da construção civil (PORTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, 2018).

Conforme estabelecido na Agenda 21, durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD (1992), ocorrida no Rio de Janeiro, deve-se aumentar ao máximo a reutilização e reciclagem, promovendo o correto depósito e tratamento dos resíduos sólidos.

De acordo com Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais -ABRELPE (2011), o índice per capita de geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil passou de 378,4 kg/hab/ano em 2010 para 381,6 kg/hab/ano em 2011, havendo um aumento de 0,8% na geração nesse período (Quadro 1).

Quadro 1: Geração de RSU per capita (Kg/hab/ano)



Fonte: ABRELPE (2011)

Na análise comparativa entre o índice de crescimento da geração com o de crescimento de coleta, nota-se que este último foi um pouco maior do que o primeiro, o que indica uma ampliação na cobertura de área dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos no país (ABRELPE, 2011). Segundo Silva e Almeida (2010), a classificação dos resíduos sólidos gerados se dá a partir de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de varrição entre outras e podem ser utilizados como matéria-prima. Com isso, pode-se dizer que quando se mistura todo o material descartado, temos o lixo. Quando fazemos a separação do lixo e encontramos materiais que podem ser reutilizados, temos o resíduo sólido.

Ainda de acordo com a norma NBR 10.004/2004, os resíduos são classificados como:

Resíduos Classe I – Perigosos: “aqueles que apresentam periculosidade ou características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade”. Pode-se citar como tintas, solventes, lâmpadas fluorescentes, pilhas como alguns exemplos para este tipo de resíduo.

Resíduos classe II – Não perigosos: estes resíduos podem ser divididos em duas outras classes:

Resíduos classe II A – Não inertes: “são aqueles resíduos que não são enquadrados nem como resíduos perigosos (Classe I) e nem como resíduos inertes (Classe II B), podendo apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água”. Pode-se citar como exemplos: matérias orgânicas, papéis, lodos, entre outros.

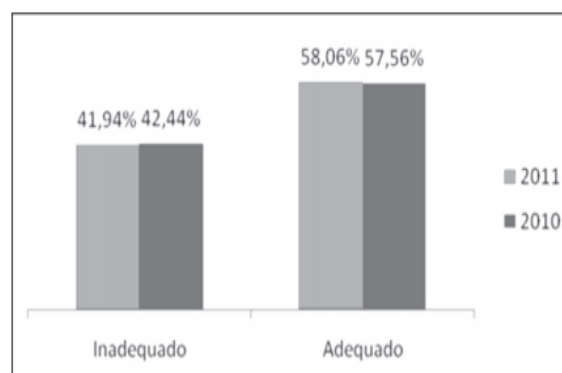
Resíduos classe II B – Inertes: “são resíduos que se amostrados de forma representativa através da NBR 10.007 (Estabelece o procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos) e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, de acordo com a NBR 10.006 (Estabelece o procedimento para

obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos), não tiveram nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se o aspecto cor, turbidez, dureza e sabor”. Como exemplos citam-se: entulhos, materiais e construção e tijolos.

Resíduos sólidos: destinação

Na aba descarte de resíduos sólidos (linha 3 coluna 2) do App Epersol, através de geolocalização, é indicado o local mais próximo para o descarte do resíduo, após o usuário digitar o CEP, de acordo com o resíduo a ser descartado. De acordo com a ABRELPE (2011), 23,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos são descartados em lixões e aterros controlados (Quadro 2), porém houve um aumento, em termos percentuais de 0,5%, na destinação final ambientalmente adequada de RSU, em comparação ao ano de 2010.

Quadro 2 - Destinação final dos RSU coletados no Brasil em 2010 e 2011 (tot/ano)



Fonte: ABRELPE (2011)

O primeiro passo para a implantação da coleta seletiva e descarte adequado de resíduos sólidos urbanos diz respeito à realização de campanhas informativas de conscientização junto à população, convencendo-a da importância da reciclagem e orientando-a sobre a separação adequada (MONTEIRO, 2006).

Aplicações móveis

A arquitetura apresentada foi experimentada em protótipo. O protótipo desenvolvido demonstrou que, para o caso estudado, a arquitetura para desenvolvimento de conteúdo web móvel se mostrou vantajosa nos seguintes aspectos:

- Utilização de um único endereço (URL) para acessar a aplicação;
- Não ocupa espaço da memória do dispositivo utilizado;
- Facilidade de implantar novas versões da aplicação;
- Maior segurança para regras de negócio; e
- Reaproveitamento de código da interface (HTML, CSS e JavaScript) e da lógica de negócio (hospedada em um servidor).

Em relação às desvantagens o aplicativo mostrou que há uma dependência de conectividade com a Internet e possibilidade de falha ou restrição de desempenho na aplicação devido ao navegador web escolhido pelo usuário.

Utilização do Google Forms no processo de avaliação do APP

Para Gil (2009), o levantamento através de questionário de pesquisa é a investigação direta das pessoas, no qual se deseja conhecer seu comportamento. Procede-se à solicitação de dados a um grupo expressivo de pessoas acerca da problemática estudada, em seguida, mediante análise quantitativa, obterem-se as considerações a respeito dos dados coletados. A metodologia

utilizada foi do tipo estudo de caso , o App Epersol, e baseou-se nos referenciais teóricos de Santana (2010), Heidemann e Oliveira (2010), que apresentam sugestões de utilização e possibilidades de uso das ferramentas tecnológicas. Apontam-se algumas vantagens atribuídas ao *Google Forms* tais como: O levantamento de dados ou de opiniões foram implementados através de um formulário eletrônico construído e disponibilizado um endereço eletrônico e, quando preenchido pelos respondentes, as respostas aparecem imediatamente. O formulário apresenta ainda ferramentas estatísticas que possibilitam a análise dos dados coletados.

Diante do que foi exposto a experiência realizada com o App da EPERSOL em 2018, pode se observar a interação e a interdisciplinaridade sendo aplicada sobre a viabilidade do uso de aplicativo para gerenciar, conforme Loureiro (2006) pode ser criterioso qualquer tipo de prática pedagógica em relevante ao caráter tradicional que tenha seu marco em na estruturação hierarquizada, a partir dos parâmetros neutros do conhecimento através daquilo que seja produzido e transferido, de modo organizacional, através de planejamento e conhecimento racional, com finalidades pedagógicas abstraídas às inferências comunitárias de suas práticas.

Por se tratar de um tema multidisciplinar foi realizado um questionário com 100 pessoas, na plataforma beta, de diferentes níveis de escolaridade: Do total de pesquisados 16% (ensino médio), 54,4% (ensino superior incompleto), 19,4% (ensino superior) e 9,7% (pós-graduado), sendo que a pesquisa apontou que apenas 16,5% conhecem o Epersol, 9,7% já ouviu falar e 74,8% das pessoas afirmaram não conhecer.

No questionário se perguntou sobre classificação e descarte de resíduos sólidos e 61,2% se mostraram saber classificar seus resíduos em relação à tipologia e 52,5% informaram saber aonde descartar os resíduos não domésticos, entretanto no foi questionado se o indivíduo conseguiria classificar os resíduos sólidos e o se o indivíduo saberia aonde descartar os resíduos gerados (ex: aparelhos eletrônicos), 71,8% desconhecem pontos de coletas em de resíduos não domésticos seus bairros e 72,8% informou não conhecer as ecoestações do Recife.

Por fim, o questionário apresentou saberes e opiniões construtivistas em relação ao aplicativo (Gráfico 3). Os pesquisados evidenciaram que após a utilização da plataforma obtiveram maior interesse em analisar e serem críticos as questões voltadas ao tema proposto, tornando importante a continuidade dessas atividades em projetos futuros.

]

Gráfico 3 - Gráfico esquerdo foi questionado qual o grau de importância para o indivíduo sobre ter um App de gerenciamento de resíduos sólidos e o gráfico direito se o indivíduo instalaria um App que trate da gestão de resíduos sólidos em seu celular.



Fonte: Google Forms (2018)

CONCLUSÃO

A presença da mobilidade se evidencia através do crescimento do uso da Internet móvel e do aumento significativo de vendas de dispositivos móveis a cada ano.

Esse crescimento tem impacto significativo, principalmente pelo uso frequente de aplicativos que utilizam recursos embarcados nos dispositivos móveis, como: GPS, câmera, entre outros. Assim, a arquitetura do dispositivo apresentada pelo App Epersol apresentou mais vantagens que desvantagens em relação a sua aplicabilidade.

O procedimento de coleta e destinação final dos resíduos gerados apresenta-se como um dos maiores desafios a serem enfrentados pela cidade devido à grande quantidade gerada, os gastos financeiros relacionados a sua gestão e os impactos ao ambiente e à saúde da população. Esta pesquisa indicou a importância do uso de tecnologias no gerenciamento de resíduos sólidos e teve um nível de aceitação positivo. A grande maioria, cerca de 96,1% acharam importante ter um Aplicativo que ajude no gerenciamento de resíduos sólidos e 79,6% dos pesquisados instalaram o App em seu aparelho celular para o teste.

A pesquisa com usuários do App indicou também que a maioria dos entrevistados, 71,8% , desconhecem pontos de coleta de resíduos não domésticos em seus bairros e 72,8% informou não conhecer as Ecoestações do Recife. Nesse contexto, a proposta do App do Epersol, mostrou ser uma ferramenta de inovação na gestão, pois além de facilitar o acesso do cidadão à informação, mostrou que é viável o desenvolvimento de uma ferramenta digital na área de gestão utilizando-se de conteúdos teóricos sobre gerenciamento de resíduos sólidos desde a geração até a destinação final.

Nesse sentido, as tecnologias utilizadas no desenvolvimento do App Epersol podem ser ampliadas no que diz respeito à gestão de resíduos sólidos de acordo com as legislações brasileiras vigentes, visto que elas podem ser muito úteis e já podem ser aplicadas com melhorias.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 2011. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: < <http://www.cidadessustentaveis.org.br/sites/default/files/arquivos2011.pdf>>. Acesso em : 21 de abr 2018
- AMEDOMAR, P.A.Z.; TANAKA, A.K.; GONÇALVES, M.A. **Destinação final dos resíduos sólidos urbanos: alternativas para a cidade de São Paulo através de casos de sucesso**. Futura SRJ. São Paulo. 2013
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Fórum Nacional de Normatização: **NBR 15.112/2004 Resíduos da Construção civil e volumosos Sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Fórum Nacional de Normatização: **NBR 10.004/2004 Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.
- BENNETT, A.; CHECKEL, J. T. (Ed.) Process-tracing: from metaphor to analytic tool. Cambridge. Cambridge University Press. (Strategies for Social Inquiry), 2015.
- BEZERRA, A. R. B., SANTOS, M. V. N., LIMA, T. L. A., OLIVEIRA, S. A. **Análise dos benefícios de uma gestão sustentável gerados com a utilização da Logística reversa**. Ebook: Tecnologias e Boas Práticas. EPERSOL. UFRPE. Disponível em: < https://www.dropbox.com/s/wp06pini2mzr1jv/ebook_Tecnologias_e_Boas_Praticas.pdf?dl=0>. Acesso em: 27 fev. 2018
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 27 abr. 2018
- BRUNDTLAN, Comissão. **“Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: o nosso futuro comum”** Universidade de Oxford. Nova Iorque, 1987.

CHANGLIN, W. **M-Government Use: Technology, Context and Environment Determinants**. In Computer Engineering and Management Sciences (ICM), 2011 International Conference on Information Technology, Volume 3, p. 290-293. 2011.

Dana, P. H.; **Global Positioning System Overview**. 2011. Disponível em: http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html. Acesso em 21 fev 2018.

EPERSOL. **Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos (EPERSOL) e o Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://epersol.com/evento.html>. Acesso em: 20 de mai 2018.

FREITAS, L. C. de; BESEN, G. R.; JACOBI, P. R. **Panorama da implementação da política nacional de resíduos sólidos: resíduos urbanos**. Política nacional de resíduos sólidos: implementação e monitoramento de resíduos urbanos. São Paulo: IEE USP; OPNRS, p.11-33, 2017.

GALLO, Z. E. **A grande morada humana: economia, ecologia e ética**. Itu: Ottoni, 2007.

GEORGE, A.; BENNETT, A. **Case studies and theory development in the Social Sciences**. London, Cambridge, MIT Press. 2005

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GOOGLE FORMS. **Pesquisa app Epersol**. Disponível em: <https://docs.google.com/forms/d/1ol3h49IESp3kYOKvotHPVRNKLbAaUMhNjg9Veg1b3DA/edit#responses>. Acesso em: 22 abr 2018.

GUEDES, F. L.; CASTANHEIRA, R. P. S.; CASTRO, C. F.; ALMEIDA, K. P. A.; AZEVEDO, F. G. **A viabilidade do uso de tecnologias sustentáveis na construção civil**. Revista eletrônica da Estácio. v. 2, n. 2 . Recife. 2016.

HEIDEMANN, L. A.; OLIVEIRA, Â. M. M. **Ferramentas online no ensino de ciências: uma proposta com o Google Docs**. Física na Escola, v. 111, n. 2, 2010.

IDC, International Data Corporation. **Worldwide Business Use Smartphone Forecast and Analysis**. Framingham: MA. 2013.

IQUEIRA, A. N.; SANTOS, A.P.; CYSNEIROS, M. S. M.; SELVA, V. S. **A questão dos resíduos sólidos: tecendo teias para uma educação ambiental na educação básica**. Ebook: Tecnologias e Boas Práticas. EPERSOL. UFRPE. Disponível em: https://www.dropbox.com/s/wp06pini2mzr1jv/ebook_Tecnologias_e_Boas_Praticas.pdf?dl=0. Acesso em: 27 fev. 2018

LOUREIRO, C. F. B. **Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2006

MENDES, M. C. **Desenvolvimento sustentável**. Disponível em: http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt2.html. Acesso em: 23 abr 2014.

MONTEIRO, J. H. P., **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: Ibam. 2001

PORTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **Situação dos resíduos sólidos no Brasil**. Disponível em: <http://portalresiduossolidos.com/situacao-dos-residuos-solidos-estado/> Acesso em; 01 mai 2018

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005
RODRIGUES, F. M. M. **Uma experiência de desenvolvimento de sistema móvel de suporte ao diagnóstico médico**. 2011. Disponível em: http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/premio2011/trabalho_publicado/Trab_Public_Cristine_Gusmao.pdf. Acesso em: 20 de mai 2018

SANT'ANA, A. S. **A web 2.0, a Educação e as Possibilidades de Utilização Pró- Educacional da Ferramenta Blog: novas conexões de redes de conhecimento no ciberespaço**. 2010

SERPRO, Serviço Federal de Processamento de Dados. ANDRADE, A. W., AGRA, R., MALHEIROS, V. **Estudos de caso de aplicativos móveis no governo brasileiro**. Serpro – Serviço Federal de Processamento de Dados. Brasília-DF. 2018

STEPHANOU, J. **Gestão de Resíduos Sólidos: Um Modelo Integrado que gera Benefícios Econômicos, Sociais e Ambientais**. Capítulo do livro online, na sustentabilidade: resultados e Pesquisas do PPGAS/UFRGS, 2013. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/sustentabilidade/?p=235>> Acesso em: 02 de mai. 2017

SILVA, P. S.; ALMEIDA, M. V. **Módulo Didático: Lixo, saúde e ambiente**. Educação Ambiental Centro de Referência Virtual do Professor - SEE-MG / ago. 2010.

TEIXEIRA, I. **Vamos Cuidar do Brasil: 4ª Conferência Nacional do Meio Ambiente – Resíduos Sólidos**. Texto Orientador. 2ª Edição. Brasília. Mai de 2013.

2.10. REUTILIZAÇÃO DAS LATAS DE ALUMÍNIO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES TÊXTEIS POR ELETROCOAGULAÇÃO ESPONTÂNEA

SILVA, Renata Pereira da

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
renata.psilva@live.com

VILA NOVA, Suzana Pereira

UFRPE
spvn@globo.com

SOUZA, Sandra Rodrigues de

UFRPE
souzz.rodrigues@gmail.com

FREITAS, Katia Cristina Silva de

UFRPE
katiacsfreitas@bol.com.br

RESUMO

A eletroquímica ambiental vem se destacando por processos mais eficientes e por gerarem menos resíduo. Este trabalho teve o objetivo de desenvolver um sistema eletroquímico para tratar uma solução de corante por eletrocoagulação com geração de energia elétrica. Esse sistema foi composto por pilhas eletroquímicas de latas de bebidas composta por alumínio que serviram como ânodos e fios de cobre como cátodos. Essas latas foram preenchidas pela solução de corante e colocadas dentro de garrafas PET para reter possíveis vazamentos. Elas foram ligadas em série e a corrente gerada tratou a solução de corante por eletrocoagulação espontânea. Isto difere dos processos tradicionais não espontâneos. A energia gerada nos terminais da pilha foi usada também para tratar a solução de corante. Obteve-se assim um sistema autossustentável. Esse sistema oferece uma outra utilidade para as latas de alumínio e as garrafas PET e ele pode ser utilizado nas lavanderias de produção artesanal do jeans. A corrente gerada também foi utilizada para ligar um rádio por pelo menos 24 horas. Conclui-se também que seja possível montar um sistema semelhante em escala industrial para tratar efluentes têxteis utilizando reatores revestidos com alumínio e eletrodos de cobre ou eletrodos tridimensionais de carbono.

PALAVRAS-CHAVE: Eletroquímica ambiental; Corantes; Geração de energia

INTRODUÇÃO

Atualmente tem-se intensificado a preocupação com a preservação dos recursos naturais por estarem sendo afetados com o crescimento populacional e o desenvolvimento tecnológico. Isso incentivou o desenvolvimento de tecnologias limpas, que são capazes de produzir corrente elétrica sem causar danos ao ambiente. Essa energia elétrica também pode ser gerada a partir de uma reação química por pilhas e baterias (SILVA et al., 2015).

A indústria têxtil é um dos principais problemas de poluição dos recursos hídricos porque além de necessitar de grande quantidade de água na produção das peças, variando entre 200 a 400 litros/Kg de tecido acabado, seus efluentes apresentam coloração e elevada carga orgânica que precisam ser tratados antes de serem despejados nos rios. Além desses efluentes elas também produzem muitos resíduos sólidos. Essa problemática se agrava nas indústrias de confecção têxtil e de beneficiamento artesanal (lavanderias) devido a dificuldade de fiscalização pelos órgãos de controle do meio ambiente (COELHO et al., 2018; KARTHIKEYAN et al., 2017; MORALI; UZAL; YETIS, 2016).

As águas residuais altamente coloridas das indústria têxteis afetam severamente a função fotossintética em plantas provocando um impacto sobre a vida aquática, devido a baixa penetração de luz e consumo de oxigênio. Ela também pode ser letal para determinadas formas de vida marinha, devido à presença de metais e de cloro (HOLKAR et al., 2016).

Na economia brasileira existe uma participação forte da indústria têxtil. Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), o Brasil ocupa a quinta posição no ranking de produção mundial desses insumos. O agreste de Pernambuco é considerado o segundo em produção têxtil, só perdendo para São Paulo. Neste setor destacam-se as cidades de Toritama, Santa Cruz do Capibaribe e Caruaru. A indústria têxtil é um dos principais problemas de poluição dos recursos hídricos devido a utilização de uma quantidade considerável de água na produção das peças, os efluentes geralmente são coloridos e contém metais em sua composição e são muitas vezes despejados nos rios sem o devido tratamento. A maior demanda encontra-se na produção e confecção do jeans que é uma peça que ganhou popularidade ao longo de vários anos.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, órgão máximo que rege a legislação ambiental brasileira, estabelece na Resolução 357 de 2005 que nas águas doces de classe 1 (usada no abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas. A legislação brasileira estabelece que estados e municípios também possam ter suas próprias legislações, desde que não conflitem com a federal, mesmo sendo mais restritivas (CONAMA, 2005).

O objetivo desse trabalho foi desenvolver um sistema eletroquímico para tratar uma solução que simulou o efluente têxtil. Para isso utilizou-se um sistema de pilhas eletroquímicas com ânodos de latas de alumínio ligadas em série que tratou a solução de corante, contida no interior dessas latas, enquanto gerava energia elétrica. Teve-se também o objetivo de reutilizar as latas de alumínio e as garrafas PET de água mineral que serviram para acondicionar as latas e reter possíveis vazamentos.

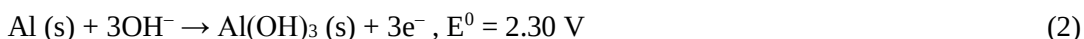
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Pilhas são sistemas eletroquímicos que funcionam como miniusinas portáteis que convertem a energia química em energia elétrica. Estas são constituídas por um ânodo, um cátodo, eletrólitos, separadores e uma capa externa. A oxidação ocorre no ânodo e a redução no cátodo através de uma reação química de transferência de elétrons. As pilhas podem ser classificadas de diversas formas, dependendo do formato, composição e sua finalidade. Entre os elementos que compõem uma pilha encontram-se algumas substâncias potencialmente perigosas como o mercúrio, chumbo, manganês, zinco, cádmio, lítio e níquel (ATKINS; PAULA, 2018).

As "baterias de metal-ar" são aquelas na qual o metal reage com o oxigênio do ar para gerar elétrons que fluem através de um circuito externo para realizar trabalho. A bateria de alumínio-ar mais comum utiliza o alumínio como ânodo e o cobre como cátodo, uma vez que o cobre é mais eletronegativo do que o alumínio. Observa-se que os elétrons ganham energia potencial (através de uma série de reações químicas na solução) a medida em que eles saem do eletrodo de cobre para o de alumínio. Isto permite-os realizar trabalho no circuito externo que pode, por exemplo, acender um Diodo Emissor de Luz (LED). Utiliza-se o cloreto de sódio como condutor iônico na solução para aumentar a geração de corrente elétrica. O oxigênio dissolvido em água sofre redução na superfície do cobre formando hidróxido (OH^-) de acordo com a equação (1).



O alumínio é oxidado no ânodo e reage com o hidróxido para produzir o hidróxido de alumínio $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$ que é um precipitado branco, de acordo com a equação (2).



Nota-se que a corrente cai ao longo do tempo porque os metais tornam-se revestidos com óxidos e também porque decai a quantidade de oxigênio nas proximidades do cobre. A tensão, no entanto, permanece constante porque é afetada apenas pela eletronegatividade dos metais, que não muda (CHASTEEN; CHASTEEN; DOHERTY, 2008; LIU et al., 2017).

A bateria de alumínio-ar é considerada uma candidata atraente como fonte de energia para veículos elétricos por causa de seu baixo custo e sua alta densidade de energia teórica (8.100 Wh.kg^{-1}), que é significativamente maior do que a das atuais baterias lítio-íon. No entanto, alguns problemas técnicos e científicos estão impedindo o desenvolvimento em grande escala dessas baterias. O cátodo dessas baterias pode ser o eletrodo tridimensional de carbono usado para facilitar a reação do gás oxigênio na superfície do eletrodo. Esse eletrodo evita problemas com a formação de óxidos e consequentemente a queda de corrente ao longo do tempo (LIU et al., 2017).

Uma extensa literatura tem relatado as características e aplicações dos métodos mais importantes para a remoção de corantes de água. As tecnologias são classificadas como processos físico-químicos, químicos, oxidação avançada, biológicos e eletroquímicos. Os mecanismos de remoção de cor envolvem a separação física de tintura, repartição dos corantes ou descoloração por adsorção/biodegradação (BRILLAS; MARTÍNEZ-HUITLE, 2015; KHANDEGAR; SAROHA, 2013; SILVA et al., 2018; MOUSSA et al., 2017; VIJAYARAGHAVAN; BASHA; JEGAN, 2013).

Os corantes orgânicos sintéticos presentes em efluentes industriais não podem ser destruídos em tratamento convencional de águas residuais. O tratamento eletroquímico é uma opção para reduzir essa carga orgânica e a coloração desses efluentes. Esse tratamento gera menos lodo, consequentemente é o mais favorável ao meio ambiente (BRILLAS; MARTÍNEZ-HUITLE, 2015).

Na eletrocoagulação os ânodos de Fe ou Al imergidos na água poluída são dissolvidos pela passagem de uma corrente elétrica para produzir diferentes espécies de Fe^{2+} e/ou Fe^{3+} ou Al^{3+} , respectivamente. Dependendo do pH do efluente, essas espécies interagem com os íons hidróxidos formados no cátodo. Estas espécies agem como coagulante/floculante para a separação de corantes e outros poluentes das águas residuais. Além disso, a eletroflotação também pode ocorrer quando as bolhas de gás hidrogênio produzidas no cátodo se anexam às partículas coaguladas para transportá-las para a superfície da solução de onde elas são separadas (BRILLAS; MARTÍNEZ-HUITLE, 2015).

A eletrocoagulação é mais eficaz porque promove uma separação mais rápida de corantes com menor quantidade de lodo produzido e tem um custo inferior ao do processo de coagulação tradicional, onde são adicionados íons Fe^{3+} ou Al^{3+} , geralmente sob a forma de sais de sulfato e

cloretos. O deslocamento dos ânions e cátions sob o campo elétrico aplicado aos eletrodos na eletrocoagulação promove a colisão entre eles, aumentando a eficiência da coagulação. No entanto, a passivação do ânodo e deposição de sedimentos nos eletrodos, inibe o processo eletrolítico. Outra desvantagem é a produção de elevada quantidade de íons de ferro e alumínio que precisam ser removidos do efluente (BRILLAS; MARTÍNEZ-HUITLE, 2015; SOUZA et al., 2016).

As equações (3) e (4) representam as principais reações químicas que ocorrem no processo de eletrocoagulação.



O cátodo também pode ser atacado quimicamente por íons OH^- gerados durante a evolução de H_2 em pH elevado de acordo com a equação (5).



Os íons $\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})}$ e OH^- formados reagem para formar várias espécies monoméricas como Al(OH)^{2+} , Al(OH)_2^+ , $\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+}$, e Al(OH)_4^- e espécies poliméricas como $\text{Al}_6(\text{OH})_{15}^{3+}$, $\text{Al}_7(\text{OH})_{17}^{4+}$, $\text{Al}_8(\text{OH})_{20}^{4+}$, and $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}^{7+}$, $\text{Al}_{13}(\text{OH})_{34}^{5+}$, que finalmente se transformam em Al(OH)_3 de acordo com a cinética de precipitação. Os flocos amorfos de Al(OH)_3 possuem grandes áreas de superfície que são benéficas para uma rápida adsorção de compostos orgânicos solúveis e para a captura de partículas coloidais. Estes flocos se polimerizam: $(nn\text{Al(OH)}_3) \rightarrow \text{Al}_{nn}(\text{OH})_{3nn}$ e são facilmente removidos do meio aquoso por sedimentação e flotação de H_2 . Por outro lado, os flocos de hidróxido de alumínio normalmente agem como adsorventes e/ou armadilhas para os poluentes, portanto eles os eliminam da solução (BAZRAFSHAN, 2013).

Na reciclagem de metais economiza-se até 97% da energia utilizada para a produção do metal a partir da matéria-prima virgem. Isso ocorre, pois não é preciso realizar o processo de extração e beneficiamento do minério. Em 2015, 97,9% do total das latas de alumínio disponibilizadas no mercado brasileiro foram recicladas. Foram 292,5 mil toneladas, o que corresponde a 23,1 bilhões de unidades, ou 63,3 milhões por dia ou 2,6 milhões por hora. Somente a etapa da coleta de latas de alumínio para bebidas injetou R\$ 730 milhões diretamente na economia brasileira. Com liga metálica, já específica, grande parte dessa sucata volta em forma de chapas à produção de latas para bebidas ou destinada a outras aplicações, como fundição de autopeças, por exemplo. As latas de alumínio para bebidas merecem destaque na reciclagem, por terem alto consumo e um ciclo de vida muito mais curto que o apresentado por outros produtos de alumínio e de embalagens de outros materiais. A reciclagem da latinha tem levado o Brasil à liderança mundial na atividade por vários anos. Atualmente, em aproximadamente 60 dias, uma latinha de alumínio para bebidas pode ser comprada, utilizada, coletada, reciclada, envasada e voltar às prateleiras para o consumo (ALBUQUERQUE et al., 2018; CARDOSO, 2013; CEMPRES, 2015).

METODOLOGIA

A pesquisa foi de natureza aplicada e com objetivo explicativo. A abordagem foi quantitativa e com procedimentos experimentais na área de eletroquímica. Foi desenvolvido um sistema composto por pilhas eletroquímicas com ânodos de latas de alumínio ligadas em série para tratar uma solução contendo corantes que simulou o efluente têxtil. As latas de alumínio foram acondicionadas em garrafas PET de água mineral para reter possíveis vazamentos.

Os reagentes foram utilizados conforme recebido do fabricante: corante para tecido com fixador na cor azul jeans contendo em sua composição sulfato de sódio (Na_2SO_4) e cloreto de sódio (NaCl) comercial. A solução de corante antes e após o tratamento foi analisada no

espectrofotômetro UV/visível da BEL-Photonics modelo UV-M51 e com o medidor de pH da PH METER modelo PH-016. As medidas de diferenças de potencial foram realizadas com um multímetro digital da ICEL modelo IK-1500. Para a montagem das pilhas foram necessárias oito latas de alumínio de 250 mL, já usadas em bebidas, oito fios de cobre de 1 m de comprimento por 2,5 mm de espessura, oito garrafas PET de água mineral de 500 mL e oito folhas de papel toalha. Os eletrodos da pilha foram às latas de alumínio (ânodo) e os fios de cobre (cátodo). Os fios de cobre foram desencapados do plástico que os protegem e as latas receberam um pré-tratamento mecânico com uma lixa d'água para retirar o revestimento de estanho do seu interior. Antes da montagem de cada pilha, os fios de cobre precisam ser limpos em uma solução de HCl 0,1 mol.L⁻¹ para retirar a camada de óxido em sua superfície.

Em cada fio de cobre fez-se seis dobras de 12 cm de altura, em seguida enrolou-se o restante ao redor do fio já dobrado. A extremidade livre desse fio foi conectada a um orifício na parte superior da lata, tendo o cuidado de fixar bem os dois metais com a ajuda de um alicate. Esse procedimento foi realizado em apenas sete latas. Sendo assim, restou um fio de cobre e uma lata sem estarem fixados entre si. As latas de alumínio foram inseridas dentro das garrafas cortadas na altura dessas latas. Isso foi necessário para evitar vazamento da solução interna, pois a lata se oxida no decorrer da reação. Essas pilhas foram ligadas em série. Para fazer esse tipo de ligação foi necessário inserir o fio de cobre de cada lata no interior da lata seguinte. Cada fio de cobre foi envolvido no papel toalha para evitar que tocasse no interior das latas, pois isto causa um curto na passagem de corrente elétrica entre as pilhas. Para fazer essa sequência, foi necessário iniciar com a lata sem fio afixado e terminar com o fio de cobre sem lata afixada.

O potencial da pilha foi medido ligando o terminal negativo do multímetro na primeira lata, e o terminal positivo no último fio de cobre. O potencial medido pelo multímetro foi equivalente à soma do potencial de cada pilha. Nesta montagem adicionou-se a solução de corante em cada lata até uma altura abaixo da conexão com o fio de cobre (Figura 1). Utilizou-se uma solução que simulou um efluente contendo este corante na concentração de 0,1 g/L⁻¹. Em cada lata dissolveu-se 19 g de cloreto de sódio nesta solução de corante.

Figura 1. Pilhas de latas de alumínio.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

O potencial da pilha ligada em série foi medido com um multímetro. Observou-se que ele sofreu um pequeno aumento ao longo da reação. Iniciou-se em 4,27 V e após 36 min. aumentou para 4,82 V, neste momento observou-se a presença de bolhas de gás na superfície da solução e ao redor das paredes da lata, observou-se também que a coloração do corante se tornou mais clara, assim como a presença de um precipitado colorido no fundo da lata. O pH medido dessa solução após agitação foi de 7,9 que indicou a formação de hidróxidos quando comparado ao pH de 6,10 medido antes do tratamento. De acordo com Liu (2017), no ânodo ocorreu a oxidação do alumínio

da lata, conforme a equação (3). Enquanto que no cátodo ocorreu a redução do gás oxigênio, dissolvido em água, no fio de cobre produzindo hidróxidos OH^- , de acordo com a equação (1).

Os produtos dessas reações formaram o hidróxido de alumínio $\text{Al}(\text{OH})_3$, que é um agente coagulante responsável pelo tratamento da solução de corante. Esse hidróxido é gelatinoso e insolúvel capaz de englobar as impurezas, que após sua decantação torna o efluente incolor. O cloreto de sódio agiu apenas como eletrólito. De acordo com Liu (2017), o cátodo dessas baterias pode ser o eletrodo tridimensional de carbono usado para facilitar a reação do gás oxigênio na superfície do eletrodo. A substituição do cobre por esse eletrodo evitaria problemas com a formação de óxidos e consequentemente a queda de corrente ao longo do tempo. Observou-se a formação de bolhas de gás na superfície da solução e ao redor de toda a lata que de acordo com Mokhtar (2015), se deve à formação de gás hidrogênio de uma reação de corrosão adicional que consome o alumínio, mas não contribui para a geração de corrente. Neste sistema observou-se que a energia elétrica gerada pela pilha foi aproveitada para tratar a solução de corante contida dentro das latas por um processo de eletrocoagulação espontâneo. Isto o difere dos processos tradicionais em que se fornece energia para que o processo de eletrocoagulação ocorra.

Uma outra inovação desse sistema é que a energia gerada nos terminais da pilha foi usada para tratar uma outra amostra dessa mesma solução de corante. Para isso conectou-se cada terminal da pilha a um clip que foram imersos na solução de corante contida em um béquer, conforme Figura 2. Após 30 min. observou-se a presença de bolhas de gás ao redor dos clips e começou a ser perceptível o clareamento da solução. Após duas horas o sistema foi desligado e o pH medido foi de 8,29 após a agitação da solução que indicou a formação de hidróxidos. A reação que ocorreu na superfície dos clips é denominada eletrólise que gerou a eletrocoagulação. Este processo não foi espontâneo porque a pilha forneceu energia ao sistema. O clip ligado ao terminal negativo da pilha (lata de alumínio) foi o eletrodo denominado ânodo. Nele ocorreu a oxidação do ferro contido no clip, de acordo com a equação (6).



O clip ligado ao terminal positivo da pilha (fio de cobre) foi o eletrodo denominado cátodo. Nele ocorreu a redução da água conforme a equação (7).



Sendo assim, foi produzido o hidróxido de ferro, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, que foi o agente coagulante responsável pelo tratamento da solução de corante. Esse hidróxido é gelatinoso e insolúvel capaz de englobar os corantes, que após sua decantação tornou o efluente incolor. Pode-se afirmar que esse sistema pode ser autossustentável no tratamento de efluentes têxteis pois ele produziu a energia necessária para ocorrer a eletrocoagulação e essa energia ainda foi usada para tratar uma outra amostra da solução de corante nos terminais da pilha (Figura 2).

Figura 2. Pilhas ligadas em série com a energia gerada sendo usada para tratar a solução de corante.



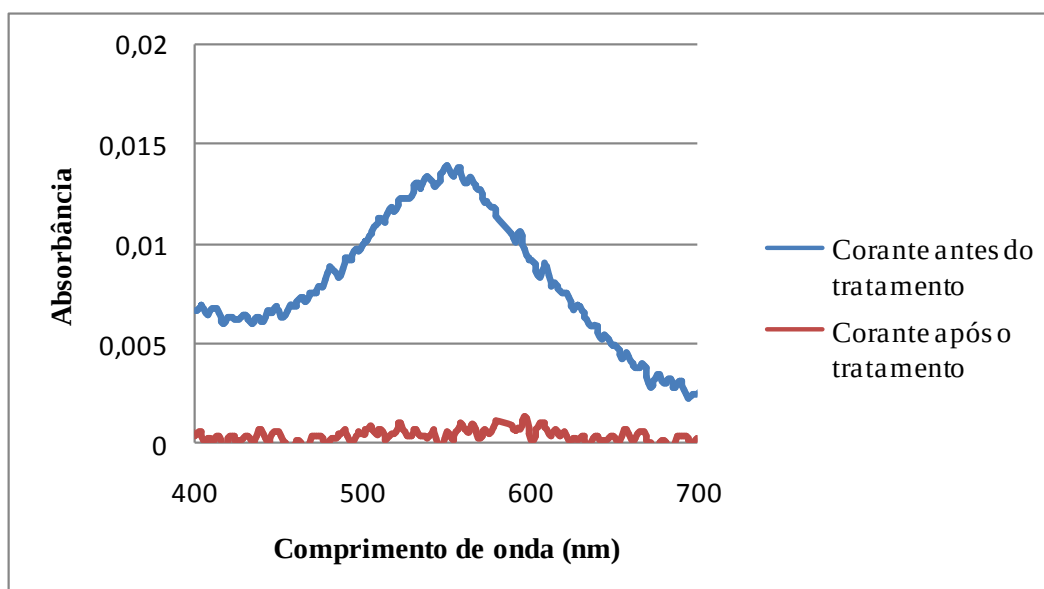
Entretanto, a velocidade da reação desse processo de eletrocoagulação espontâneo é menor do que no processo tradicional porquê de acordo com BRILLAS (2015), pode-se aumentar a velocidade aplicando-se um potencial maior do que o necessário para que a reação ocorra. Com a corrente gerada por essas pilhas ligadas em série foi possível ligar um rádio por pelo menos 24 horas, (Figura 3). Isto indica que outros equipamentos de mesma potência também podem ser ligados com essa pilha. Exemplos: calculadoras, relógios, mini ventiladores, motores usados em brinquedos, controles remotos etc.

Figura 3. Pilhas ligadas em série com a energia gerada sendo usada para ligar um rádio.



Obteve-se o espectro na região do visível com a solução do corante antes e após o tratamento, nele observa-se uma banda na região de 560 nm apenas com a solução do corante antes do tratamento, confirmando assim a eficiência desse tratamento (Figura 4).

Figura 4. Espectro de absorção da região do visível obtido com a solução do corante antes e após o tratamento.



CONCLUSÕES

Com a corrente gerada pelas pilhas ligadas em série foi possível tratar a solução de corante contida dentro das latas por um processo de eletrocoagulação espontâneo. Isto difere dos processos tradicionais em que se fornece energia para que a eletrocoagulação ocorra.

A energia gerada nos terminais da pilha foi usada também para tratar uma outra amostra dessa mesma solução de corante. Obteve-se assim um sistema autossustentável para o tratamento de efluentes têxteis. Esse sistema oferece uma outra utilidade para as latas de alumínio e para as garrafas PET de água mineral, apesar de já existir processos de reciclagem para esses materiais. Por utilizar materiais de fácil acesso e ser de simples operação, esse sistema pode ser utilizado nas lavanderias de produção artesanal do jeans, evitando assim o descarte de efluentes coloridos nos leitos dos rios.

A corrente gerada pelas pilhas ligadas em série também foi utilizada para ligar um rádio por pelo menos 24 horas. Sendo assim, pode-se ouvir rádio enquanto o efluente é tratado. Pode-se ligar também outros equipamentos com a mesma potência do rádio. Exemplos: calculadoras, relógios, mini ventiladores, motores usados em brinquedos, controles remotos etc. Conclui-se também que seja possível montar um sistema em escala industrial para tratar efluentes têxteis utilizando reatores revestidos com alumínio e eletrodos de cobre ou eletrodos tridimensionais de carbono, que possa gerar energia elétrica. Estando ciente de que a velocidade de reação é menor nesse processo de eletrocoagulação espontâneo em comparação ao processo tradicional.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, N. C.; NASCIMENTO, E. C. H.; BRILHANTE, A. K. V. C.; ROCHA, E. M. R. Análise quali-quantitativa de resíduos de metal coletados na associação de materiais recicláveis ASCARE, João Pessoa-pb. In: João Paulo de Oliveira Santos; Rodrigo Cândido Passos da Silva; Daniel Pernambucano de Mello; Soraya Giovanetti El-Deir. (Org.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ed. Recife: Edufrpe, cap. 3, p. 214-223, 2018..
- ATKINS, Peter; PAULA, Júlio de. **Físico-química**. Fundamentos. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- BAZRAFESHAN, E.; MOEIN, H.; MOSTAFAPOUR, F. K.; NAKHAIE, S. Application of Electrocoagulation Process for Dairy Wastewater Treatment. **Journal of Chemistry**, v. 2013,,p. 8, 2012.
- BRILLAS, E.; MARTÍNEZ-HUITLÉ, C. A. Decontamination of wastewaters containing synthetic organic dyes by electrochemical methods. An updated review. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 166-167, p. 603-643, 2015.
- CARDOSO, M. M.; CANTÃO, L. A. P.; MANCINI, S. D.; PITONDO, L. L. **Materiais recicláveis**. Livro eletrônico. **Net**. 2013. Sorocaba: Unesp Campus Sorocaba, 48 f. 2013. Disponível em: <<http://www.sorocaba.unesp.br/Home/Extensao/residuossolidos/catalogoebook.pdf>> Acesso em 06 de março de 2018.
- CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE). Latas de Alumínio. **Net**. 2018. Disponível em <<http://www.cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/5/latas-de-aluminio>>. Acesso em: 06 mar. 2018.
- CHASTEEN, S. V.; CHASTEEN, N. D.; DOHERTY, P. The Salty Science of the Aluminum-Air Battery. **The Physics Teacher**, v. 46, p. 544-547, 2008.
- COELHO, C. P. G.; VIANA, M. A.; LORENA, E. M. G.; HOLANDA, R. M. Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados no processo de beneficiamento nas lavanderias de jeans. In: João Paulo de Oliveira Santos; Rodrigo Cândido Passos da Silva; Daniel Pernambucano de Mello; Soraya Giovanetti El-Deir. (Org.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ed. Recife: Edufrpe, cap. 1, p. 23-33, 2018.

CONAMA. Ministério do Meio Ambiente: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 357. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 25 jun.2018.

HOLKAR, C. R.; JADHAV, A. J.; PINJARI, D. V.; MAHAMUNI, N. M.; PANDIT, A. B. A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches. **Journal of Environmental Management**, v. 182, p. 351-366, 2016.

KARTHIKEYAN, N; SIVARANJANI, T; DHANAVEL, S; GUPTA, VK; NARAYANAN, V; STEPHEN, A. Visible light degradation of textile effluent by electrodeposited multiphase CuInSe₂ semiconductor photocatalysts. **Journal of Molecular Liquids**, v. 227, p. 194-201, 2017.

KHANDEGAR, V.; SAROHA, A. K. Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluent – A review. **Journal of Environmental Management**, v.128, p. 949–963, 2013.

LIU, Y.; SUN, Q.; LI, W.; ADAIR, K. R.; LI, J.; SUN, X. A comprehensive review on recent progress in aluminum - air batteries. **Green Energy & Environment**, v. 2, p. 246-277, 2017.

MOKHTAR, M; TALIB, M. Z. M.; MAJLAN, E. H.; TASIRIN, S. M.; RAMLI, W. M. F. W.; DAUD, W. R. W. SAHARI, J. Recent developments in materials for aluminum–air batteries: A review. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v 32, p. 1-20, 2015.

MORALI, E. K.; UZAL, N.; YETIS, U. Ozonation pre and post-treatment of denim textile mill effluents: Effect of cleaner production measures. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 1-9, 2016.

MOUSSA, D. T.; EL-NAAS, M. H.; NASSER, M.; AL-MARRI, M. J. A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges. **Journal of Environmental Management**, v. 186, n. 1, p. 24-41, 2017.

SILVA, R. P.; Vila Nova, S. P.; CARDOSO, C. C.; FREITAS, K. C. S. Adsorção de corantes têxteis utilizando a estrutura metal-orgânica [Cu₃(BTC)₂(H₂O)₃]_n com obtenção de resíduo sólido inerte. In: Rodrigo Cândido Passos da Silva, João Paulo de Oliveira Santos, Daniel Pernambucano de Mello, Soraya Giovanetti El-Deir. (Org.). **Resíduos Sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular**. 1ed. Recife: Edufrpe, cap. 2, p. 184-193, 2018..

SILVA, S. S. F.; ALVES, A. C.; RAMALHO, Â. M. C.; LACERDA, C. S.; SOUSA, C. M. Complementaridade Hidro Eólica: Desafios e Perspectivas para o Planejamento Energético Nacional. **HOLOS**, v. 6, p. 32-53, 2015. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/4815/481547289004.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2018.

SOUZA, P. C.; PEREIRA, N. C.; GONÇALVES, M. S.; CONSOLIN, N. F.; RODRIGUES, P. H.; JAMARIM, V. M. Estudo do tratamento de efluente têxtil através de processo de coagulação/floculação e eletrofloculação. **e-xacta**, v. 9, n. 2, p. 123-132, 2016.

VIJAYARAGHAVAN, J.; BASHA, S. J. S.; JEGAN, J. A Review on efficacious methods to decolorize reactive azo dye. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 7, n. 1, p. 30–47, 2013.

Capítulo 3.Tecnologia

3.1. AVALIAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA BIOREFINARIA EXPERIMENTAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS (BERSO) NO CAMPUS RECIFE DA UFPE

SILVA, Alice Sabrina Ferreira

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
aliceferreiraquimica@gmail.com

MENEZES, Rômulo Simões Cezar

UFPE
rmenezes@ufpe.br

DUTRA, Emmanuel Damilano

UFPE
emmanuel.dutra@ufpe.br

AQUINO, Kátia Aparecida da Silva

UFPE
Aquino@ufpe.br

RESUMO

O campus Recife da Universidade Federal de Pernambuco UFPE gera diariamente 10 ton/dia de Resíduo Sólidos Orgânicos RSO e 1.200L de óleo de fritura residual OFR. Pensando em solucionar a problemática dos RSO na universidade, surge a necessidade de desenvolver um sistema de gestão e tratamento no próprio campus, eliminando custos com transporte e destinação final dos resíduos. A Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos BERSO tem como objetivo desenvolver sistemas de tratamento de baixo custo, que viabilize o uso desses materiais, transformando em benefícios para a própria instituição. Foram desenvolvidos os sistemas de biodigestão anaeróbia, transesterificação do OFR e compostagem, produzindo biogás para geração de energia elétrica e térmica, biofertilizante e adubo orgânico, para nutrição de solo e plantas de parques, jardins e hortas, e biodiesel que será utilizado na frota de ônibus circular da universidade. Juntos esses sistemas podem gerar uma economia de aproximadamente 1 milhão de reais nos custos anuais da UFPE, além de amenizar os impactos ambientais, contribui para a formação acadêmica dos discentes que poderão usar a BERSO como espaço interdisciplinar de aprendizagem, além de tornar a UFPE pioneira na gestão integrada de resíduos, um exemplo para outras instituições e municípios.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão sustentável, Aproveitamento energético, Biomassa.

INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente vem impulsionando o avanço de novas tecnologias sustentáveis, principalmente no campo de energias limpas (SILVA et al., 2016). Em consequência ao já esperado aumento do consumo energético e ao crescimento populacional, os combustíveis fósseis vêm sendo utilizados de maneira extrativista há décadas, desencadeando cada vez mais danos ambientais, especialmente na emissão de Gases do Efeito Estufa - GEE (LORA; VENTURINI, 2012). Os combustíveis fósseis são resultado da decomposição natural de organismos vivos, processo que pode levar milhões de anos para ocorrer. O fato é que quando essas reservas planetárias estiverem esgotadas grandes problemas socioambientais serão causados, podendo provocar grave crise no setor energético mundial (BAJAJ et al., 2010; ARAUJO, 2014).

Além da escassez dos combustíveis derivados do petróleo outro fator determinante para o interesse em pesquisas ambientais é o crescimento considerável na geração de Resíduos Sólidos Urbanos - RSU, isso se dá principalmente pela crescente migração da comunidade rural para centros urbanos, aumentando a população e diminuindo a eficiência na gestão de resíduos (SILVA et al., 2016). Desde que a Lei 12.305 de 2 agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos proibindo todas as formas de destinação de rejeitos que não seja o acondicionamento em aterros sanitários, estão terminantemente proibidos o descarte de resíduos sem que todas as formas de reciclagem estejam esgotadas. Também responsabiliza todas as instituições quer seja públicas ou privadas pela geração e destinação final de todo o resíduo gerado, por essa razão formas distintas de tratamento passaram a ter mais espaço nas pesquisas nacionais (BRASIL, 2010).

A Universidade Federal de Pernambuco - UFPE assim como as demais instituições do país, buscam entrar em conformidade com a legislação vigente, a fim de encaminhar para o aterro sanitário apenas rejeitos, tratando os resíduos orgânicos de maneira consciente e proveitosa, revertendo todos os benéficos ocasionados para próprio uso da universidade (FERREIRA et al., 2015a). Atualmente são gerados no Campus UFPE - Recife cerca de 10 toneladas diárias de resíduos orgânicos incluindo resíduos de podas, jardinagens e varrição que somam 10 ton/dia e 1 ton/dia de resíduos de alimentos, além de 1200L de óleo de fritura proveniente das unidades alimentares do campus (FERREIRA et al., 2015b; PINHEIRO et al., 2015). Se todo esse resíduo for reutilizado de maneira adequada, poderá gerar redução de custos significativos para a universidade. Caso esses resíduos sejam encaminhados ao aterro sanitário, contribuirão para a contaminação do ar, solo e lençóis freáticos.

O referido trabalho tem o intuito de mostrar que é possível destinar os resíduos sólidos orgânicos de maneira prática e eficiente, sem demandar custos com deslocamento, segregação e destinação dos resíduos, a Biorrefinaria Experimental de Resíduos Sólidos Orgânicos - BERSO, surge como uma solução viável para destinação final dos Resíduos Sólidos Orgânicos - RSO gerados na universidade, tratando cada resíduo da maneira mais apropriada possível.

A presente pesquisa tem como principal objetivo desenvolver uma biorrefinaria que proporcione com que a UFPE tenha capacidade para tratar de maneira adequada os RSO gerados no campus Recife - UFPE contribuindo para o desenvolvimento socioambiental do planeta, tornando-a exemplo de gestão sustentável para outras instituições e pequenos municípios, além de diminuir os custos com destinação final dos RSO e contribuir de maneira positiva para a formação crítica dos discentes da instituição, pois a BERSO poderá ser utilizada para aulas práticas e visitas técnicas de diversos cursos da graduação, de maneira interdisciplinar buscando uma aprendizagem mais significativa crítica.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um dos principais desafios da atualidade é lidar com a degradação ambiental e suas consequências, sabe-se que a melhor maneira de diminuir esses impactos ao meio ambiente seria reduzindo o uso de combustíveis fósseis encontrando substitutos menos nocivos ao meio ambiente e diminuindo o consumo de materiais que gerem resíduos. A geração de resíduos se torna um

problema ainda mais grave quando não há a coleta seletiva, a falta de separação correta dos resíduos pode inviabilizar a reciclagem dos materiais (PHILIPPI et al., 2004; LORA; VENTURINI, 2012). Estudos comprovam que o Brasil ainda não tem capacidade para acondicionar todo o resíduo gerado, embora a Lei 12.305 sancionada em 2010 tenha entrado em vigor apenas em 2014 não foi o suficiente para que todos os municípios entrassem em conformidade com a mesma, que destaca a irregularidade no uso de lixões e aterros controlados, tendo em vista que os mesmos não oferecem segurança ao meio ambiente podendo contaminar solos, ar e lençóis freáticos (ABRAMOVAY et al., 2013).

Ainda com relação à lei todas as instituições públicas ou privadas devem ser responsabilizadas por todo o resíduo gerado, assumindo os custos com a deposição final dos mesmos, o sistema de segregação dos resíduos deve ser considerado a primeira fase para a reciclagem, assim evita-se o encaminhamento ao aterro sanitário de materiais que ainda poderiam ser reutilizados diminuindo os custos com o descarte e aumentando o tempo de vida útil dos aterros sanitários (SILVA et al., 2016). Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil - ABRELPE, 3.331 municípios brasileiros ainda enviam seus resíduos para lixões e aterros controlados, mesmo sabendo que estão agindo na ilegalidade, isso corresponde a 29,7 milhões de toneladas de resíduos que continuam a contaminar o meio ambiente (ABRELPE, 2016).

Além do aumento na geração de resíduos sólidos urbanos, outro setor apresenta crescimento contínuo na contribuição para a degradação ambiental. O uso dos combustíveis fósseis é um dos principais causadores dos gases nocivos ao efeito estufa, sua queima emite grande quantidade de dióxido de carbono para a atmosfera (LORA; VENTURINI, 2012). Uma das alternativas para amenizar esse efeito seria a substituição dos combustíveis derivados do petróleo por biocombustíveis provenientes da fauna e flora, eles são considerados renováveis por contribuírem para o ciclo do carbono na atmosfera diminuindo o impacto ambiental causado pelas emissões (MOTA et al., 2009). Diante de diversos problemas ambientais o número de pesquisas na área vem crescendo principalmente relacionadas a formas de reciclagem dos resíduos sólidos orgânicos e substituição dos combustíveis fósseis. Pensando em métodos de substituições para o óleo diesel surge a possibilidade do uso de outros óleos para o mesmo fim (RECEP et al., 2001).

Vários tipos de óleos foram testados e mesmo sabendo que é possível utilizá-los diretamente nas máquinas, pesquisas em longo prazo identificaram danos causados aos motores principalmente desgastes na câmara de combustão e deposição de carbono nos injetores e cilindros. Tais problemas aumentavam a necessidade de manutenção e diminuía a vida útil do motor (FUCHS; GUERRA, 2010). Muitos estudos foram realizados até a descoberta e uso do biodiesel, óleos e gorduras que passam por processo químico e podem ser utilizados em motores que funcionam a diesel, sem necessitar de alterações no sistema, além de não causarem danos ao motor. O biodiesel não contém petróleo, porém pode ser misturado a ele. O biodiesel de soja libera 41% menos gases poluentes que o diesel fóssil e apresenta melhor desenvolvimento nos motores, portanto, uma vez que a molécula de biodiesel é oxigenada, é melhor lubrificante do que o combustível diesel, aumentando a vida útil dos motores (VIOLA et al., 2012; FERRERO et al., 2016).

O processo que da origem ao biodiesel é chamado de transesterificação, uma reação química onde um mol de triglicerídeo reage com três mols de um álcool alifático de cadeia curta, tipicamente etanol ou metanol, na presença de um catalisador preferencialmente alcalino, formando ésteres monoalquílicos e glicerol como subproduto (MENEGETTI et al., 2013; FADHIL et al., 2017). No Brasil a matéria prima utilizada para fins de produção de biodiesel é bastante diversificada, porém o óleo de soja corresponde a maior parcela. Cerca de 60% do biodiesel brasileiro provém do óleo de soja (ANP, 2018). Dentre as variadas matérias prima utilizadas para produção do biodiesel o óleo de fritura já utilizado ou óleo de fritura residual, destaca-se por ser um resíduo e principalmente pelos danos ambientais causados por seu descarte inadequado. No Brasil são gerados cerca de 5,5 bilhões de litros de óleo de fritura residual por mês, desse volume apenas 5% é reciclado ou destinado de maneira correta, os demais 95% não há registros de como esse descarte é realizado (FREITAS, 2018). Provavelmente esse resíduo é

descartado diretamente na pia, no solo ou encaminhado para a coleta de lixo público que, indiretamente, será depositado em lixões ou similares causando grande contaminação ambiental.

Para cada litro de óleo de fritura residual descartado na pia, solo ou em vasos sanitários 25.000 litros de água potável são contaminados, esse valor corresponde ao equivalente de água gasto por uma pessoa em 14 anos (SABESP, 2018). De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) estão permanentemente proibidos, o descarte de óleos usados ou contaminados nos solos, solos, esgotos e águas em geral sejam elas rios, mares ou outras. O grande problema dessa reutilização é a falta de consciência da população e incentivos governamentais para que esse óleo seja segregado nas residências e demais estabelecimentos, pois apenas a separação dos resíduos permite a reciclagem e tais materiais (MOECKE et al., 2012).

Embora existam vários insumos para produção de biodiesel o óleo de fritura residual, apresenta-se como grande diferencial, tendo em vista que não há custo algum para produzi-lo e principalmente por se tratar de um resíduo altamente poluente que se descartado de maneira incorreta poderá acarretar vasta degradação ambiental. Girish e colaboradores (2013), produziram biodiesel a partir de óleo de fritura residual, por rota metílica utilizando derivados da casca da concha de moluscos como catalisador natural. A razão molar utilizada foi de 18:1, temperatura reacional de 65°C e obtiveram o rendimento de 95,84%. Para transesterificação de óleo residual por rota etílica, utilizando cinzas de casca de arroz como catalisador, os resultados foram semelhantes. Outros estudos realizados encontraram rendimentos semelhantes com 90% de conversão dos triglicerídeos em biodiesel em temperatura de 60°C (ALMEIDA et al., 2016).

Além do óleo diesel, outros combustíveis de origem fósseis podem ser substituídos como o gás natural na forma do Gás Liquefeito de Petróleo - GLP. O GLP comumente conhecido como gás de cozinha, é produto do refino de petróleo, formado basicamente por butano e propano é inodoro e recebe adição de compostos de enxofre para auxiliar na identificação de vazamentos, prevenindo acidentes. Seu uso vai além da cocção de alimentos, podendo ser utilizado em aquecedores a gás, refrigeradores, calefação e outros (ULTRAGAZ, 2018). O biogás substituto ao GLP é proveniente da biodigestão anaeróbia, processo que ocorre na ausência de oxigênio, o biogás é composto principalmente por metano (CH_4) em maior quantidade 50-72%, dióxido de carbono (CO_2) e pequenas porções de nitrogênio (N_2), hidrogênio (H_2), amônia (NH_3), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e outros, a composição do biogás está fortemente ligada às condições de processo e tipo de substrato utilizado (LORA; VENTURINI, 2012).

Durante a biodigestão diversos grupos de microorganismos trabalham de formas distintas, porém interligadas entre si, agindo de maneira totalmente organizada, conseguem transformar os resíduos orgânicos em biogás e biofertilizante como subproduto. As principais fases da biodigestão são: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. As fases e faixas de temperatura devem ser monitoradas, para garantir o bom funcionamento do processo (LORA; VENTURINI, 2012). Cerca de 55% dos resíduos gerado no Brasil são resíduos orgânicos que na maioria das vezes tem o seu potencial energético e nutricional subestimado, quando tais resíduos são encaminhados a lixões e aterros estamos deixando de produzir energia limpa e outras opções que a reciclagem nos oferece, os RSO quando descartados indevidamente contribuem para o aparecimento de vetores, diminuem a vida útil dos aterros além de contribuírem para a formação de gases poluentes (SILVA et al., 2016).

O biogás pode ser utilizado não só como substituto ao GLP, mas também para gerar energia térmica e elétrica, seu subproduto o biofertilizante pode ser utilizado em hortas, parques, jardins e outros, gerando economia e diminuindo os impactos ambientais causados pelo uso de fertilizantes químicos (LEITE et al., 2001). Pensando em métodos de reaproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos, que somam aproximadamente metade do lixo domiciliar no Brasil, uma alternativa altamente viável seria o uso da técnica de compostagem, pois além de ser um processo simples e acarretar poucos custos de processo, produzem como resultado final o composto orgânico, usado como fertilizante no solo e plantas (QIAN et al., 2013).

Compostagem é o termo usado para definir a decomposição microbiológica da matéria orgânica por diferentes microrganismos e em meio aeróbio, onde os resíduos orgânicos são tratados e estabilizados para produzir o composto orgânico, esse produto humificado pode ser facilmente utilizado em áreas agrícolas proporcionando inúmeros benefícios (DUTRA et al., 2013). O processo da compostagem requer não apenas planejamento (seleção de matérias-primas e misturas), mas também um adequado monitoramento dos parâmetros de controle. Os principais parâmetros são: temperatura, pH, umidade, concentração de oxigênio e porosidade. Durante a compostagem, o material aquece como resultado da atividade de degradação dos microrganismos. Como se trata de um processo basicamente termofílico e mesofílico são necessários alguns cuidados; especialmente em manter a temperatura entre os padrões máximos e mínimos para que não afetem os microrganismos decompositores (PEREIRA, 2010).

Além disso, manter a umidade dentro dos limites adequados é essencial para eficiência dos microrganismos. Umidades muito elevadas ou baixas reduzem a produtividade da compostagem. O monitoramento correto da umidade e temperatura do processo é um fator determinante para o produto final, assim como a qualidade da matéria-prima usada no início do processo (LÓPEZ et al., 2014). A preocupação com os RSO é mundial, assim como a busca por alternativas que possam amenizar os efeitos nocivos ao meio ambiente causados pela destinação inadequada. Na China, a preocupação tem se tornado ainda maior pela crescente criação de praças e parques por meio de projetos paisagísticos do país. A quantidade de jardins interfere diretamente na produção dos resíduos orgânicos, decorrentes de folhas de varrição, gramas, podas e capina. Por razões óbvias de sustentabilidade, a compostagem é um dos processos mais utilizados para esses fins na China, a fim de utilizar o mínimo possível de incineração e aterros sanitários, potencializando a produção de adubo orgânico para uso agrícola na região (ZHANG; SUN, 2014).

A compostagem e a biodigestão anaeróbia, são as técnicas atualmente mais empregadas para tratamento dos RSO, ambos processos apresentam resultados positivos e geram produtos importantes para a matriz energética mundial. Bem como a produção de biodiesel através de óleos e gorduras residuais. Espera-se que esses processos interligados possam trazer maiores resultados na busca por tratamentos de RSO, amenizando os impactos ambientais causados pela destinação equivocada desses resíduos.

METODOLOGIA

O Campus Recife UFPE, denominado Campus Joaquim Amazonas, está localizado na Cidade Universitária no bairro da Várzea Recife - PE. Possui 161 hectares onde circulam diariamente cerca de 40 mil pessoas, 38 hectares do campus é destinado a edificações os demais são destinados a praças, parques e jardins. São gerados no Campus Recife da UFPE, aproximadamente 11 toneladas diárias de RSO. Os resíduos de podas, jardinagens e varrição representam a maior fração residual, 10 ton/dia, os resíduos de preparo e sobras de alimentos representam 1 ton/dia, também são gerados cerca de 1200 L/mês de óleo de fritura residual, proveniente da cocção de alimentos das 13 unidades alimentares presente no campus. Esses resíduos se encaminhados ao aterro sanitário geram custos de deposição, além de contribuírem negativamente para o aumento da degradação ambiental. Diante desse quadro surge a necessidade de desenvolver soluções práticas de gestão a fim de tratar de maneira correta os resíduos orgânicos gerados no campus. O Departamento de Energia Nuclear - DEN em parceria com a Diretoria de Gestão Ambiental - DGA e o apoio da Prefeitura Universitária - PCU, juntam esforços a fim de solucionar a problemática de geração de RSO, buscando um sistema de tratamento dentro da própria universidade.

A BERSO surge como alternativa sustentável na busca por opções de tratamento que funcionem de maneira interliga e ofereça segurança na implementação de um sistema de gerenciamento de RSO. O Departamento de Energia Nuclear DEN/UFPE. Fica situado na Avenida Professor Luiz Freire, n. 1000, Cidade Universitária. O departamento dispõe de uma área com aproximadamente dois hectare anteriormente inutilizada, além de um grande galpão usado para depósito de materiais avariados e resíduos químicos. Visando um melhor reaproveitamento

da área, foi sugerida a implantação da BERSO nesta localidade. Após estudos para dimensionamento dos tipos de resíduos gerados e quantificação dos mesmos, passou-se a discutir as formas de tratamento ideais para cada tipo de resíduo. Para viabilizar a implantação da BERSO foi necessário a realização de reformas civis, análises e cálculos para determinar o tipo de tratamento a ser empregado bem como dimensionamento das respectivas estruturas físicas e funcionamento. Para construção da estrutura física foi preciso desenvolver métodos para substituição de equipamentos, tanques e demais produtos visando a diminuição dos custos de instalação e manutenção da BERSO, enfatizando a qualidade dos processos e seus produtos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa foi destinada a limpeza e retirada de entulhos do local, seguido de delimitação da área interna utilizável, metade do galpão foi designado a implantação da parte interna da biorrefinaria, para isso foram necessárias reformas em toda a estrutura física do prédio a fim de deixá-lo apto para receber os equipamentos, na parte externa foi necessário realizar um sistema de terraplanagem para nivelar a área. Após as reformas envolvendo alvenaria, elétrica e hidráulica concluídas, iniciou-se a segunda etapa onde os projetos específicos começaram a ser reproduzidos. O grande desafio dessa fase foi produzir processos e equipamentos de baixo custo que pudessem ser reproduzidos com a mesma qualidade dos originais em qualquer lugar do Brasil.

Planta de Biodiesel

Uma planta de biodiesel de pequeno porte custa em média no mercado 50-100 mil reais, nosso desafio foi desenvolver uma planta de baixo custo que não o ultrapassasse o valor de 2 mil reais para isso foram necessárias várias pesquisas a fim de encontrar materiais de menor valor que substituíssem de maneira eficiente os materiais que são normalmente utilizados na construção de usinas de biodiesel. É fundamental a elaboração de uma plataforma de alvenaria ou metal resistente, para acondicionamento dos tanques de reação e armazenagem do fluídos. Essa estrutura deve ter suporte para no mínimo 500 kg, dois metros de largura, quatro metros de comprimento e um metro e vinte de altura, com duas escadas em cada extremidade, como medida de segurança. Para produção da estrutura da planta, foram utilizados pedaços de metais de outra estrutura que estavam sem uso, descartados no galpão e provavelmente teriam um fim menos nobre, todas as peças metálicas foram restauradas e reutilizadas na estrutura da planta.

Os tanques destinados ao reator e decantador, são de polietileno de cor branca e possuem formato cônico com saída na parte inferior para que se possa acompanhar a diferença de densidade e separação dos fluidos, os mesmos comportam até 75 litros. Os tanques utilizados para a função de reator e sistema de decantação são tanques fabricados para a produção de cerveja que foram adaptados para uso na planta de biodiesel. Dois tanques de 200 litros estão posicionados sobre paletes na parte de trás da estrutura da planta, os mesmos contem abertura na parte superior para facilitar o manuseio dos fluidos, os dois tanques são usados para acondicionar a água de lavagem, proveniente da purificação do biodiesel. Os demais quatro tanques de armazenagem para óleos, glicerina e biodiesel são de material metálico com capacidade para 200 litros cada, todos com sistema de vedação, níveis, entrada de fluídos na parte superior e saída na zona inferior. Os tanques metálicos foram adquiridos no ferro velho e adaptados para desenvolver as funções necessárias.

Para melhor desempenho da planta foram adicionadas, uma resistência elétrica responsável pelo aquecimento da reação e três bombas centrífugas da marca Bull, moto bomba periférica monofásica de 0,5 HP. A primeira bomba é utilizada para transporte do óleo, a segunda bomba para recirculação dos fluídos no reator, que está fixado à estrutura metálica e a terceira bomba é usada para transporte da água de lavagem, todos esses materiais compõe a usina piloto de biodiesel da BERSO (Figura 1).

O objetivo principal da usina piloto de biodiesel é transesterificar o óleo de fritura residual gerado no campus. A usina funcionará em sistema de batelada e poderá operar com até 45L por batelada. O óleo será recebido e acondicionado no tanque de armazenagem-1, onde passará por

uma pré filtragem para retirada de materiais sólidos, permanecendo por 12-24 horas, tempo necessário para decantação de resíduos presentes no óleo. Esses resíduos serão retirados e encaminhados ao pátio de compostagem. Em seguida será aferida a acidez do óleo e se preciso será corrigida para 0,5%, o óleo será encaminhado para o tanque de armazenagem-2 até posterior uso. No tanque de reação são adicionados o óleo juntamente com o metox (solução de álcool e 1% de catalisador). A fração molar álcool/óleo geralmente é de 3 a 6:1, os fluidos permanecem no reator por 50 minutos, a temperatura de 40°C e agitação em aproximadamente 300 rpm. Após finalização da reação a glicerina é retirada e o biodiesel segue para o tanque de decantação onde passa pelo processo de purificação dos ésteres.

Figura 1. Usina Piloto de Biodiesel BERSO/UFPE



Funcionamento da Usina de Biodiesel

Compostagem

Para desenvolver o pátio de compostagem foi necessário terraplanar a área e demarcar o espaço a ser utilizado, para isso foi necessário o transporte de metralhas proveniente de obras na universidade e o auxílio de caminhões e tratores. O formato escolhido para depósito do material orgânico foi forma de leiras, devido a grande quantidade de material vegetal residual (Figura 2). O sistema de irrigação foi desenvolvido de maneira simples através de mangueiras perfuradas conectadas a torneiras próximas ao pátio, o reviramento é realizado com o auxílio de um trator pertencente a universidade.

Figura 2. Pátio de Compostagem BERSO/UFPE



Funcionamento do Pátio de Compostagem

O principal objetivo do pátio de compostagem é estabilizar os resíduos orgânicos vegetais, dando origem ao composto orgânico, para isso são necessárias a utilização dos resíduos proveniente de podas, varrição e jardinagens juntamente com os resíduos de alimentos, em uma

relação de 3:1, três partes de material vegetal seco para uma parte de resíduo de alimentos. As leiras são reviradas utilizando um trator, inicialmente a cada sete dias até os 25 dias do início do experimento. Após esse período, as leiras são reviradas a cada quinze dias até o final do experimento no máximo são 120 dias de duração do processo. A temperatura e umidade são acompanhadas semanalmente para garantir o bom funcionamento do processo.

Biodigestor

O biodigestor tem capacidade de 8m^3 . Para produção do sistema de biodigestão anaeróbia foi necessário cavar uma vala de acordo com as dimensões do reator 6m de comprimento por 1,5m de largura e compactar o solo no interior da vala garantindo a ausência de pedras, raízes e outros materiais cortantes, para diminuir os riscos de perfuração do reator foi utilizada uma manta de PVC 0,80mm usada para impedir o contato direto do reator com as paredes da vala. Também foi necessário adquirir um triturador de alimentos, motor elétrico trifásico, modelo W22 para triturar os resíduos de alimentos, antes de adicioná-los ao reator, o modelo de reator escolhido foi o batelada pelo fácil manuseio, baixo custo de implantação e manutenção, o reator foi fabricado em geomembrana de PVC com 1mm de espessura, possui válvula de alívio e flare (Queimador), 70% do volume do biodigestor é destinado ao reator e 30% ao gasômetro, as tubulações de saída, entrada e limpeza possuem diâmetro de 100mm, nas duas extremidades ficam localizadas as caixas d'água de polietileno, usadas para alimentação do reator e armazenagem do biofertilizante, com volumes de 350 e 1000L respectivamente (Figura 3).

Figura 3. Biodigestor Anaeróbio BERSO/UFPE



Funcionamento do Biodigestor Anaeróbio

A biodigestão anaeróbia será responsável pelo tratamento dos resíduos de alimentos, produzindo biogás e biofertilizantes como subproduto. O resíduo de alimento é triturado a fim de diminuir o tamanho das partículas e facilitar a degradação do material, em seguida é diluído em água na proporção de 1:1, posteriormente os fluídos são transferidos ao reator por gravidade, após acondicionamento no reator a pressão e temperatura ambiente é necessário esperar a degradação da matéria prima, processo que dura em média 45 dias. Estima-se que 32kg/dia de resíduo de alimento gere $8,244\text{m}^3$ /dia de biogás que podem ser transformados em 66,61kwh/dia de energia elétrica.

Estão concluídos o pátio de compostagem, a planta experimental de biodiesel, e o biodigestor anaeróbio, todos em funcionamento na BERSO. Os próximos passos são teste de qualidade desses materiais. É necessário que todos os produtos estejam dentro das especificações vigentes para que só assim possam ser liberados para outros usos e testes.

A BERSO vem se tornando cada vez mais um ambiente extraclasse, onde os discente e docentes podem agendar visitas técnicas e aprenderem na prática como funcionam cada processo

de tratamento de RSO e seu uso final, bem como a importância do tratamento dentro da universidade. Vários cursos da própria instituição tendem a ganhar com o funcionamento da biorrefinaria, do ponto de vista educacional é uma excelente ferramenta que poderá auxiliar no processo ensino-aprendizagem. Está em fase de avaliação para futura implantação o uso de uma rota termoquímica, pois o espaço disponível para o pátio de compostagem é inferior a demanda diária dos resíduos de podas, varrição e jardinagem, apesar da compostagem ser o método atualmente utilizado para tratamento desses resíduos a falta de espaço físico faz com que seja necessária a busca por alternativas de tratamento que ofereçam resultados mais rápidos. É importante que esses processos sejam interligados da mesma forma que independam um do outro para funcionar, evitando assim um acúmulo de resíduo caso algum desses processos esteja temporariamente inoperante, seja por defeito nos equipamentos ou por manutenção dos mesmos.

Outro fato importante são os novos estudos que estão sendo desenvolvidos com as possibilidades de uso dos produtos e subprodutos gerados estarem diretamente ligados a fim de assegurar as melhores condições de processo. É possível utilizar os resíduos do óleo e glicerina no pátio de compostagem, bem como a água de lavagem residual proveniente da purificação do biodiesel poderá ser encaminhada para irrigação das leiras de compostagem, a glicerina subproduto da transesterificação também pode ser usada no biodigestor visando aumentar a eficiência do processo. Estudos com biodigestão anaeróbia de dejetos suínos mostram que ao adicionar 4 - 6% de glicerina bruta ao biodigestor aumentam a eficiência na produção do biogás e diminui a presença de sólidos totais (SHWINGEL et al., 2016). O biogás gerado no processo de biodigestão anaeróbia pode gerar energia elétrica e térmica para todas as atividades da BERSO, incluindo a energia necessária para a reação de transesterificação, já o biofertilizante pode ser usado para irrigar as leiras de compostagem, servindo como inoculo para as bactérias presentes no meio.

O adubo orgânico por sua vez poderá ser utilizado em outras pesquisas do departamento que envolve o plantio e adubação de culturas. Além das atividades relacionadas ao tratamento de resíduos sólidos orgânicos, está sendo implantada na BERSO uma horta comunitária que contará com o auxílio do biofertilizante subproduto da biodigestão anaeróbia e o composto orgânico proveniente do processo de compostagem. A comparação dessa pesquisa com outros trabalhos científicos não é uma tarefa fácil, tendo em vista que esse é um estudo pioneiro na área. Espera-se que a idéia da BERSO possa inspirar outras instituições a fim de contribuir com a diminuição da degradação ambiental além de estarem em conformidade com a legislação vigente.

CONCLUSÕES

A BERSO mesmo sendo considerada um grande avanço na gestão adequada dos resíduos orgânicos ainda é uma biorrefinaria experimental, direcionada principalmente para pesquisa a fim de melhorar a proposta de ampliar a biorrefinaria da UFPE que terá capacidade para tratar de maneira adequada todo o resíduo orgânico produzido no campus Recife UFPE, gerando uma economia de aproximadamente 1 milhão anual, contribuindo com a formação didática/prática dos discentes, reduzindo a quantidade de resíduos encaminhados a aterros sanitários e principalmente contribuindo com a diminuição dos impactos ambientais causados pela destinação errônea dos resíduos sólidos orgânicos.

A BERSO foi alvo de reportagens em vários meios de comunicação, como o Jornal Diário de Pernambuco e o Portal de Notícias da UFPE. A BERSO também ganhou destaque internacional no site Believe Earth que visitou as dependências da biorrefinaria, produzindo um vídeo de alcance mundial, sobre a implantação e funcionamento da mesma, o site destacou a BERSO como modelo de proposta altamente sustentável. Espera-se conquistar espaço não apenas academicamente, mas principalmente esperamos alcançar visibilidade nas cidades do interior brasileiro, onde a situação de destinação inadequada dos resíduos é ainda mais precária, com a implantação da BERSO almeja-se inspirar outras instituições e pequenos municípios mostrando que é possível tratar adequadamente os resíduos orgânicos, gerando energia e outros produtos com custo acessível e independente da localidade.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil, 2016**. Disponível: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso: 27/04/2018.
- ABRAMOVAY, R; SPERANZA, J. S; PETITGAND, Cécile. **Lixo Zero: gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera**. São Paulo: Planeta Sustentável: Instituto Ethos, 2013.
- ALMEIDA, T. A.; RODRIGUES, A. I.; ESTRELA, T. S.; NUNES, F. N. C.; MACHADO, L. L.; LEÃO, K. V.; BARROS, I. C. L.; AMORIM, C. A. F.; BRAGA, V. S.; Synthesis of ethyl biodiesel from soybean oil, frying oil and chicken fat, using catalysts based on vanadium pentoxide. **Oxford: Energy**, 2016.
- ANP - Agencia Nacional do Petróleo. **Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/biocombustiveis/biodiesel>>. Acesso: 20/04/2018.
- ARAUJO, K. The emerging field of energy transitions: progress, challenges, and opportunities. Journal Article, **Energy Research & Social Science, Harvard Kennedy School, Belfer Center**, v.1, p.112-121, 2014.
- BAJAJ, A.; LOHAN, P.; JHA. P. N.; MEHROTRA, R. Biodiesel production through lipase catalyzed transesterification: An overview. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v.62, p.9-14, 2010.
- BRASIL, **Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei Nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil03/ato2007-2010/lei/12305.htm>>. Acesso: 20/04/2018.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Normativa Nº 357 de 18 de Março de 2005**. Disponível: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso: 20/04/2018.
- DUTRA, E; MENEZES, R. S. C.; PRIMO, D. C. Adições De Nutrientes na Compostagem de Podas de Árvores na Região Semiárida do NE do Brasil, **Revista Scientia Plena Recife**, v. 9, n. 7, p. 1- 10, maio/julho.2013.
- FADHI, B. A.; AHMED, M. K.; DHEYAB M. M. Silybum Marianum L. Seed oil: A Novel Feedstock for Biodiesel Production. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 10, p. 683-690, fev. 2017.
- FERREIRA, C. V. J; ANDRADE, M. M. M; MENEZES, C. S. R; PRIMO, C. D. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Gerados pelas Unidades Alimentares do Campus Recife da UFPE**. E-Book Resíduos Sólidos Tecnologias Limpas e Boas Práticas, 1ª ed. Gampe/UFRPE, p. 40-50, 2015a.
- FERREIRA, C. V. J; SILVA, F. S. A; FIGUEREDO, R. A; MENEZES, C. S. R. **Caracterização e quantificação da biomassa residual de parques e jardins no campus Recife da UFPE**. Ebook Resíduos sólidos Tecnologias Limpas e Boas Práticas, 1ª ed. Gampe/UFRPE, p. 30-38, 2015b.
- FERRERO, G. O; ROJAS, J.H.; ARGARANA, E.C; EIMER, A.G. **Towards Sustainable Biofuel Production: design of a new biocatalyst to biodiesel synthesis from waste oil and commercial ethanol**. Journal Article: Journal of Cleaner Production. Oxford, v. 139, p. 495-503, 2016.
- FREITAS, Bruno. **Óleo de Cozinha é Transformado em Biodiesel**. Disponível: https://www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2016/02/29/interna_tecnologia,738403/oleo-de-cozinha-e-transformado-em-biodiesel.shtml. Acesso: 03/04/2018.
- FUCHS, W.; GUERRA, P. E. **Biocombustível Renovável: Uso de óleo vegetais em motores**, Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais. Curitiba, v. 8, n. 1, p. 103- 112, jan/Março.2010.
- GIRISH, N.; NIJU, S. P.; BEGUM, K. M. M. S.; ANANTHARAMAN, N. Utilization of a coast effective solid catalyst derived from natural White bivalve clam Shell for transesterification of waste frying oil. **Fuel**, v. 111, p. 653 - 658, 2013.
- PHILIPPI, J. A; ROMÉRO, M. A; BRUNA, G. Co. **Curso de Gestão Ambiental: estudo e ensino**. São Paulo: Manole, 2004.

LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; PRASAD, S. Bioestabilização Anaeróbia de Resíduos Sólidos Orgânicos em Reatores de Batelada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, PB. DEAg / UFPB, v.5, n.1, p.119 - 123, 2001.

LÓPEZ, M; XAVIER, M; CASAS, O; QUILES, M; POLO, J; LOPES, O; GEMMA, H; PINILLA, M; ROVIRA, C; RAMOS, P; BORGES, B; MARQUES, H; GIRÃO, P. S. **Intelligent Composting Assisted by a Wireless Sensing Network Waste Management**. University Politécnica de Catalunya. Barcelona, Spain. v. 4, p.738 - 746, jan. 2014.

LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J. **Biocombustíveis**, Rio de Janeiro: Interciência, 2012.

MENEGHETTI, S. P; MENEGHETTI, R. M, BRITO; Y. A Reação de Transesterificação, Algumas Aplicações e Obtenção de Biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 5, p. 63 - 73, jan/fev. 2013.

MOECKE, E. H. S.; WERNER, S. M; GELSLEICHTER, Yuri A.; AVILA, Aline Ferreira A.; SILVEIRA, **Thayse Correa. Produção de Biodiesel a Partir do Óleo de Fritura Usado e o Empoderamento da Comunidade**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 33 - 40, abr./set. 2012.

MOTA, C; J. A.; SILVA, C; X. A.; G.; V; L. C. Gliceriquímica: novos produtos e processos a partir de glicerina de produtos de biodiesel. **Revista Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 32, p. 639 - 648, jan/abril. 2009.

PEREIRA, J. T. **Manual de Compostagem: processo de baixo custo**, 2. ed. Minas Gerais: Universidade de Viçosa - UFV, 2010.

PINHEIRO, S. L. R; GRANGEIRO, T. V. R; MENEZES, C. S. R; SCHULER, P. R. A. **Diagnostico da geração de óleo de fritura do campus Recife da UFPE para produzir biodiesel**. Ebook Resíduos sólidos Tecnologias Limpas e Boas Práticas 1ª ed. Gampe/UFRPE, p.52-59, 2015.

QIAN, X; SHEN, G; WANG, Z; GUO, C; LIU, Y; LEIA, Z; ZHANG, Z. Co-composting of Livestock Manure With Rice Straw; characterization and establishment of maturity evaluation system. **Journal: Waste Management: Japan. University of tsukubaibaraki**. Fev. 2014. v. 34, n. 2, p. 305 - 8772. 2013.

RECEP, A; SELIM, Ç; HÜSEYİN, S. Y. The Potential of Using Vegetable oil Fuels as Fuel for Diesel Engines. **Energy Conversion and Management**, v. 42, p. 529-538, março 2001.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico de São Paulo. **Programa de Reciclagem do Óleo de Fritura**. Disponível: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspxsecaoId82>. Acesso: 04 Abr. 2018.

SHWINGEL, W. A.; ORRICO, A. C. A.; JUNIOR, O. P. A. M.; SUNDA, S. N.; CENTURION, R. S. **Desempenho da Co-digestão Anaeróbia de Dejetos Suínos com Inclusão de Glicerina Bruta**. Revista Ciência Agronômica, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará - Fortaleza, v. 47, n. 4, p.778 - 783, out/dez, 2016.

SILVA, F. S. A.; MENEZES, C. S. R.; PRIMO, C. D. **Metodologia de ordenamento da biomassa residual gerada no campus Recife da UFPE para produção de adubo orgânico**. Ebook Práticas Para Uma Gestão Sustentável 1ª ed. Gampe/UFRPE, p.210-217, 2016.

ULTRAGAZ - **Gás Limpo e Sustentável**. Disponível em: <https://www.ultragaz.com.br/institucional/glp>. Acesso em: 20 Abr. 2018.

VIOLA, E.; BLASI, A.; VALERIO, V.; GUIDI, I.; ZIMBARDI, F.; BRACCIO, G.; GIORDANO, G. Biodiesel From Fried Vegetable Oils Via Transesterification By Heterogeneous Catalysis. **Chemical Engineering and Materials Research Information Center: Catalysis Today**, Japan v. 179, p.185-190, 2012.

ZHANG, L.; SUN, X. Effects of rhamnolipid and initial compost particle size on the two- stage composting of green wast. **Biorsource technology**. College of forestry, BeijiinForestryUniversity, China, 2014.

3.2. GERENCIAMENTO E IMPACTO AMBIENTAL E SOCIECONÔMICO DO COCO NAS PRAIAS DO CABO BRANCO, MANAÍRA E TAMBÁU, JOÃO PESSOA – PB

OLIVEIRA, Jefferson Costa de
Faculdade Internacional da Paraíba (FPB)
jeffersoncostaa77@gmail.com

LIRA, Rosemary Carlos
FPB
roseliramary@gmail.com

BARBALHO, Andreziade Souza Silva
FPB
andrezia.de@bol.com.br

FREITAS, Sidcléa Sousa de
FPB
sidclea@hotmail.com

RESUMO

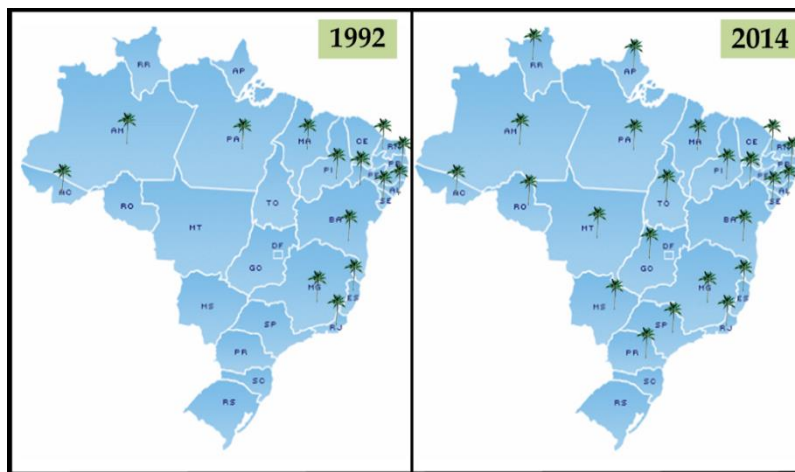
O litoral paraibano apresenta praias de beleza naturais compondo o turismo como parte da economia local. Entretanto, em virtude do turismo surgem impactos ambientais, um exemplo é o consumo da água do coco, que produz o resíduo da casca. O presente trabalho consiste em avaliar a real situação que se encontra o gerenciamento do resíduo produzido na orla das praias do Cabo Branco, Manaíra e Tambaú, identificando quantidade produzida, forma de armazenamento e descarte. O trabalho coloca em foco meios sustentáveis para a diminuição desse resíduo ligando ao aproveitamento da fibra do coco na aplicação de placas de isolamento termo acústico, produção de briquete para fornecimento de energia e no artesanato para o movimento da economia local, viabilizando a diminuição do espaço ocupado pelo resíduo gerado pelo coco *in natura* no aterro sanitário da cidade, aumentando a vida útil do mesmo, além de reduzir a proliferação de vetores transmissores de doenças.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos, Sustentabilidade, Placa de isolamento termo acústico.

INTRODUÇÃO

O coqueiro foi introduzido no Brasil em meados de 1950 através do Estado da Bahia, a partir de lá o coqueiro disseminou no litoral nordestino, especialmente por ser uma frutífera típica de clima tropical onde encontrou condições favoráveis para cultivo e, posteriormente acabou se adaptando em outras regiões do país. O Brasil possui cerca de 280 mil hectares cultivados com coqueiro, distribuídos, praticamente, em quase todo o território nacional com produção próxima dos dois bilhões de frutos, mesmo havendo incremento na área plantada desde 1990, o que se verifica é o aumento vertiginoso de produção a partir do final da década de 90 (EMBRAPA, 2014) como pode ser visualizado abaixo (Mapa 01).

Mapa 1. Avanço do cultivo do coqueiro nos estados brasileiros 1990 e 2014



Mesmo com o cultivo do coqueiro sendo introduzindo em outras regiões do país, no entanto as maiores plantações se encontram na faixa litorânea do Nordeste e uma parte na região norte do Brasil. (EMBRAPA, 2014). O mesmo é favorecido pelo clima tropical da região, onde é de 70% da produção representada na (Tabela 1).

Tabela 1. Área plantada com coqueiro, produção e produtividade 2012

Região do Brasil	Área Plantada (ha)	Produção Valor de (mil frutos)
		Produção (R\$)
Nordeste	208.977	1.345.962 (R\$579.899)
Norte	27.314	252.406 (R\$104.676)
Sudeste	20.471	315.714 (R\$182.714)
Centro-Oeste	2.752	37.190 (R\$27.666)
Sul	223	3.082 (R\$2.722)

Fonte: Embrapa (2014).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), base que armazena dados do levantamento sistemático da produção agrícola do Brasil, calcula-se calcular que a região nordeste representa 83,05% do total da área colhida de coco e 74,46% do valor total do coco produzido do Brasil em dezembro de 2017.

Tendo em vista a capital como uma fonte econômica turística e seu clima tropical, o comércio do coco é visível, levando assim a uma parcela de resíduos gerados por ele. Os resíduos

sólidos quando não gerenciados de forma adequada, representam uma grande preocupação incluindo as áreas costeiras. Estes impactos geram perdas ambientais e econômicas de grande importância para os que vivem dos recursos naturais das áreas costeiras, principalmente no Nordeste brasileiro, onde a indústria do turismo é a maior, tornando-se a principal fonte de renda dos estados e da população que vive nestas áreas (XAVIER, 2014).

Anualmente estima-se que mais de 10 bilhões de toneladas de lixo, dos mais variados tipos e formatos, cheguem aos mares arrastadas pelos rios, esgotos e descarte incorreto prejudicando o meio ambiente, diminuindo a vida marinha e dificultando a vida do ser humano como resposta aos seus próprios atos (MMA, 2015). Resultando nos impactos vinculados à perda do potencial estético e turístico do local, levando assim a vários problemas ambientais e efeitos nocivos sobre a biota marinha, a saúde e o bem-estar de toda a poluição.

Setores como o turismo estão sendo afetados pelas consequências do acúmulo dos resíduos sólidos, como discutidos pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2016) em seu estudo relacionado à percepção dos turistas e prestadores de serviços ao manejo dos resíduos sólidos e afirmando a necessidade de desenvolver mais estudos sobre este tema. Nesse sentido Cabral (2014), chama atenção para a questão do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos não pode passar despercebida no desenvolvimento turístico de uma área.

Em muitos países o coqueiro é conhecido como árvore de vida, devido seus usos múltiplos, como tronco, que novo pode ser usado para construir casas e quando velho serve como substratos para as mudas (SILVA, 2014). Sendo a orla de João Pessoa de considerável potencial turístico, observou-se a geração de grande quantidade de resíduos sólidos derivados do coco verde, presentes na areia, no mar, nas ciclovias, e amontoadas próximo aos coletores, o que causa desconforto para as pessoas que habitam, trabalham ou visitam esta região.

Dessa forma este trabalho teve como objetivo analisar o gerenciamento de resíduos gerados na orla das praias do Manaíra, Tambaú e Cabo Branco tendo como propósito de estudo o coco verde, visando minimizar os impactos negativos mediante sugestões de aproveitamento da casca do coco, com fins economicamente sustentáveis.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

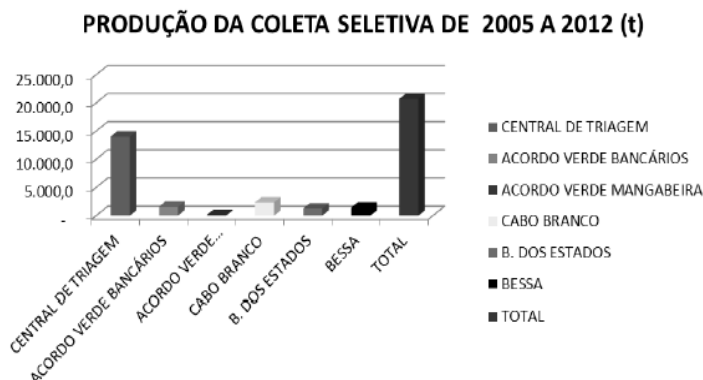
O crescimento populacional leva à sociedade a buscar por novos espaços, maiores consumos por matérias-primas e consequentemente maiores locais para dispor os seus resíduos (LIMA, 2014). Os banhistas, sendo nativos ou turistas, constantemente são apontados como principal fonte geradora de resíduos sólidos, devido ao descarte inadequado nas praias (ALBUQUERQUE, 2014).

Diante disso Marchi (2015) constata que a crise ambiental é um dos grandes desafios da humanidade, não só as questões em âmbito ecológico, como a: poluição, aquecimento global, efeito estufa, destruição de florestas, etc.; mas também, em âmbito social, sendo problemáticas indissociáveis. Já Maffioletti (2015) levanta a questão de como o descarte inadequado, a falta de tratamento prévio e de determinação de locais que suportem e tenham condições de receber e tratar os mais variados tipos de resíduos produzidos nas grandes cidades, especialmente oriundos de grandes empreendimentos comerciais, tem se configurado como dilema para algumas atividades, pois podem impactar nos custos de segregação, transporte e tratamento desses resíduos, além das dificuldades de encontrar empresas e/ou tecnologias para tratamento.

Na capital contamos com alguns caminhões de reciclagem, mas grande parte da separação é realizada na triagem do aterro sanitário, sendo ainda pouco representativa a quantidade de resíduos coletados, de forma seletiva, nos 7 (sete) núcleos de coleta que atendem a 20 bairros, cobrindo 5,1% da área municipal e 30% da população como relata o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS do município de João de João Pessoa, com apoio da

Empresa Municipal de Limpeza Urbana – EMLUR, referente a produção da coleta seletiva expressa no (gráfico 1) a seguir.

Gráfico 1. Produção da coleta seletiva por núcleo de triagem, período 2005 a 2012



Fonte: PMGIRS – João Pessoa, 2014; p. 217.

O dimensionamento dos custos de resíduos sólidos urbanos tem uma elevada dependência com a morfologia das cidades, a densidade demográfica presente, e o tipo de serviço almejado pela população, mediante a esse problema Rodrigues (2016) constatou:

Os hábitos culturais da população podem afetar estes custos, como por exemplo, onde existe maior nível de engajamento e solidariedade entre os moradores com a sustentabilidade espera-se um custo menor com a limpeza, e uma maior facilidade para se implantar programas de coleta seletiva, por exemplo.

De acordo com Mota (2015), a biomassa gerada pela produção de coco verde, é um grande problema para o governo, principalmente governo de cidades litorâneas, onde o consumo da água de coco é elevado. No mesmo pensamento Xavier (2014), compreende que:

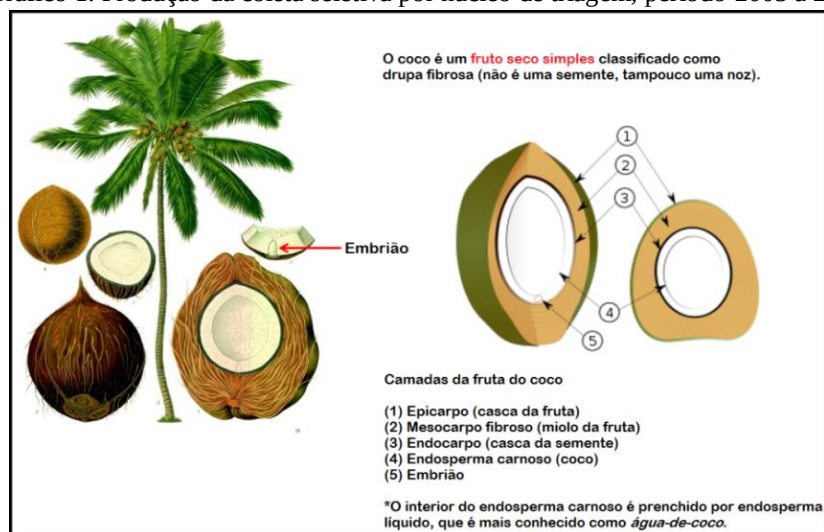
para dimensionar o problema é necessário o conhecimento da composição, qualidade e quantidade do resíduo gerado, coletado e disposto e, assim, buscar práticas que minimizem. Este conhecimento só poderá ser obtido por meio de uma caracterização detalhada do resíduo pautada em métodos claramente estabelecidos onde a mesma pode ser classificada de maneira geral sendo:

- a) Reciclagem primária: é o processo de um resíduo para fabricação de um produto com características similares ao original;
- b) Reciclagem secundária: é o processo de resíduos com obtenção de produtos diferente ao original. É tipicamente o caso da reciclagem a partir dos resíduos sólidos urbanos, também chamados reciclagem pós-consumo;
- c) Reciclagem terciária: implica na obtenção a partir de um produto, dos componentes químicos básicos do mesmo. É obtida por processos como pirólise e hidrólise, sendo também denominada reciclagem química;
- d) Reciclagem quaternária: é a utilização do conteúdo energético dos materiais por meio de queima ou incineração; também conhecida como reciclagem energética. Neste sentido apesar do nome, não é propriamente uma reciclagem, mas sim um reaproveitamento de materiais.

Este resíduo é constituído pelo mesocarpo, que é a parte espessa e fibrosa do fruto, pelo exocarpo ou epicarpo, que constitui a epiderme, e pelo endocarpo, que no fruto

imaturo ainda não se apresenta tão duro e rígido como o coco maduro (EMBRAPA, 2014) representado na (figura 1).

Gráfico 1. Produção da coleta seletiva por núcleo de triagem, período 2005 a 2012



Fonte: Embrapa, 2014.

Segundo pesquisas da EMBRAPA (2014), 80% do peso bruto do coco verde representam lixo para o mercado, neste caso, as cascas. A grande parte da destinação deste resíduo no Brasil são destinados para os aterros sanitários, com cerca de 8,6 milhões de toneladas de casca/ano levando assim a um grande problema ambiental quanto à disposição final dos resíduos gerados neste processo, além disso contribui para a redução da vida útil dos aterros.

Mediante a quantidade de resíduo produzido pode-se pensar no reaproveitamento dessa matéria, uma vez que o Brasil é um país de economia é um país tropical de consumo e produção da cultura do coco, aliando a sustentabilidade. Pode-se ver em Cornélio (2014) ao informar que: Atualmente no Brasil onde o modelo capitalista está instaurado, se busca um desenvolvimento constante dos processos produtivos aliados ao consumo desenfreado e sem conscientização, isso se dá devido a crença de que os recursos naturais são inesgotáveis, tendo como resultando o avanço da economia, mas em contrapartida repercute no aumento da geração de resíduos sólidos urbanos.

O estudo para aproveitamento da fibra vegetal em utensílios que possam replicados no uso industrial, comercial, artesanal, ainda são a melhor forma de aliar o a redução de resíduos com produção econômica, dessa forma Silva (2014) demonstra as vantagens inerentes da constituição das fibras vegetais, são elas baixo peso específico e grande disponibilidade, além de reunirem em suas propriedades, alta elasticidade, grande capacidade de resistir à umidade e a variações climáticas, fazendo dela um excelente material para construção civil.

Assim a busca por soluções na área de resíduos reflete a demanda da sociedade que pressiona por mudanças motivadas pelos elevados custos socioeconômicos e ambientais. Se manejados adequadamente, os resíduos sólidos adquirem valor comercial e podem ser utilizados em forma de novas matérias-primas ou novos insumos (LINS, 2015). Compreende-se cada vez mais que o papel da educação na formação de um indivíduo crítico haverá reflexos na arte ambiental e na racionalização do consumo, entendendo todos as consequências que seus atos provocam na cadeia produtora e por isso é necessário também um trabalho pensado na educação ambiental. Dessa forma Menezes (2015), fundamenta que o caminho é a educação ambiental para que o ser em formação possa ter consciência no uso responsável dos recursos naturais, conservando-os para as gerações futuras, possibilitando a formação de indivíduos que sejam participante na construção de uma sociedade sustentável, socialmente justa e

ecologicamente equilibrada. A educação ambiental é o meio para que o ser em formação possa ter consciência no uso responsável dos recursos naturais, conservando-os para as gerações futuras.

METODOLOGIA

Foi realizado um estudo bibliográfico para a formação da fundamentação teórica, com a junção de temas relacionados para a criação do embasamento da pesquisa. O limite da orla estudada foi definido por ser determinado como zona turística, havendo um grande número de comerciantes sendo eles ambulantes ou até mesmo barracas fixas onde a comercialização de coco verde *in natura* tem seu percentual de venda alto o ano inteiro. Também foram levantadas informações junto aos órgãos responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos sólidos, a EMLUR.

Característica geral da área de estudo

O estudo foi realizado nas praias de Manaíra, Tambaú e Cabo Branco apresentados no (Figura 2) no município de João Pessoa, dentre as sete praias urbanas, sendo as mais frequentadas, nestas áreas é grande o número de turistas o ano inteiro por alojar catamarãs (barcos de pequeno porte) com destino aos corais de Picãozinho distante apenas 700 metros da costa que durante a maré baixa, se transforma em uma imensa piscina natural em mar aberto. Além das belezas naturais a orla é composta por hotéis que por sua vez ajudam de forma direta no aumento anual do turismo.

Figura 2. Orla das praias em estudo



Fonte: Autores, 2018.

Além dos hotéis encontram-se próximos a orla, grande número de casas, apartamentos e prédios comerciais. A primeira fase desse estudo foi realizada em setembro de 2017, visando assinalar os tipos de resíduos gerados pelo coco, identificação dos pontos de resíduos e coletores de lixo nas orlas, foram realizadas vistorias, para a identificação de pontos de descarte de coletores.

Entrevistas e registros fotográficos

Após ser traçada a área para estudo, foram realizadas pesquisas de campo com o objetivo de coletar dados do volume de demanda do coco verde, a mesma se dividiu em duas etapas. A primeira consistiu na entrevista com 10 (dez) vendedores ambulantes e 20 (vinte) barracas (quiosques). Com a aplicação do questionário foi possível traçar parâmetros sobre o consumo de água de coco e a importância que os vendedores tinham sobre os impactos ambientais, pôde-se também concluir que o coco é da própria região.

O questionário também foi aplicado aos trabalhadores da limpeza urbana Empresa Municipal de Limpeza Urbana – EMLUR, que informaram executar o trabalho de limpeza da orla diariamente (duas vezes ao dia). Após a aplicação dos questionários e entrevistas, foram realizados registros fotográficos para a ilustração da real situação dos resíduos na orla. A segunda está relacionada com a pesquisa exploratória com a necessidade de observação do local, os pontos de coleta, o serviço exercido, o consumidor e as formas de descarte das cascas do coco.

Análise e considerações finais

Após o levantamento de estudo foi possível realizar a comparação das causas e consequências do descarte inadequado dos resíduos derivado do coco, o mesmo foi realizado através da observação *in loco* e dos dados obtidos com os questionários feitos com comerciantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução da cidade de João Pessoa apresentou um ritmo intenso nas décadas de 1970 e 1980, período em que houve um crescimento de sua área urbanizada. O município supracitado começou a crescer, direcionando a sua ocupação da área litorânea, quando foram ocupados os bairros do Cabo Branco, Manaíra e Tambaú respectivamente (BRASIL, 2014). Com o crescimento populacional estas áreas tem um destaque diferenciado na coleta de resíduos por sua grande quantidade geradora. Nestas orlas o consumo de água de coco verde é muito apreciado, sendo a venda do coco *in natura* uma das fontes do comércio no Município, no entanto as cascas de coco verde geradas são tratadas como resíduos domiciliares e após o consumo da água, têm como destino final os rios, os terrenos baldios e o aterro sanitário. O modelo anual do gerenciamento do coco verde na orla de João Pessoa resume-se em extrair os recursos e dispor os resíduos em aterro sanitário.

Os dados obtidos a partir da aplicação dos questionários e entrevistas feitas aos comerciantes existentes nas praias estudadas permitiu constatar que não existe o cuidado em separar os resíduos, como também a demonstração de desinteresse pela causa e por seus impactos no meio ambiente, tratando a mudança de hábito como algo que demanda afazeres e que não agrega valor algum ao seu negócio, sendo esse um possível gatilho para que a mudança aconteça.

Na área de estudo, foi possível observar uma situação bastante comum que é o resíduo do coco verde disposto em vários locais: Areia da praia, Contêineres, Tambores, entorno de coqueiros, e geralmente juntos com vários outros tipos de resíduos, onde foi possível efetuar a criação da tabela contendo dados da tipologia dos resíduos encontrados nas praias em estudo (Tabela 2).

Tabela 2. Resíduos observados nas orlas em estudo

Classe	Resíduos encontrados nas praias
Plástico	Copos descartáveis, embalagens de alimentos garrafas pet, sacos, plásticos, tampas, canudos, etc.
Papel	Papelão, papel, jornal, panfletos, embalagens diversas.
Vidro	Garrafas de vidro, vidraçarias.
Metal	Pedaços de ferro, latas diversas, resto de placas de sinalização.
Madeira	Palitos (picolé, espetinho), caixotes, madeira de construção.
Orgânicos	Fezes de animais, restos de alimentos, plantas, coco verde.
Outros tipos de resíduos	Sobras de materiais de construção, tecido, asfalto, etc.

Fonte: Autores, 2018.

Também foi possível identificar que as pessoas ao visualizarem amontoados de resíduos de coco verde na areia ou calçamento as mesmas compreendem como sendo um local para a deposição de outros tipos de resíduos como apresentado na (Figura 2) e (Figura 3):

Figura 2 - Resíduos de coco e demais



Figura 3 - Resíduos acumulados



Fonte: Imagens registradas pelos autores (2018).

Foi verificado pelo órgão EMLUR que os resíduos coletados na orla não possuem diferenciação em seu tratamento e por isso são enquadrados em resíduos domésticos sendo destinados ao aterro sanitário intermunicipal, dentre eles a casca do coco verde. Foi levantando um percentual de custo, no entanto as informações referentes aos custos de disposição final são escassas nas pesquisas existentes no Brasil, assim, para o levantamento dos custos despendidos com a disposição final dos resíduos sólidos domiciliares foi utilizada a base de dados do SNIS. Os valores de disposição final dos resíduos em lixão, aterro controlado e aterro sanitário, respectivamente, para o ano de 2008. Para a elaboração desta tabela foram excluídos os dados que extrapolavam a ordem de grandeza dos custos de disposição (Tabela 3).

Tabela 3: Custo para destinação final de resíduos em 2008 (R\$/t)

Unidade de Análise	Lixão	Aterro controlado	Aterro Sanitário
Todas as Operações	13,09	22,26	41,37
Empresas Privadas	12,68	21,76	43,6

Prefeituras	12,5	26,8	40,2
Consórcios	-	-	46,16
Outro	-	-	39,16

Fonte: IPEA, 2012.

Pode-se perceber que se tem o custo de disposição em aterros sanitários é mais elevado que o custo em aterros controlados, por sua vez mais oneroso que a operação de lixões. Cabe ressaltar que é insuficiente utilizar apenas o custo de disposição para avaliar o melhor modelo para gerenciar a disposição final dos resíduos. É preciso conhecer também em quais condições os resíduos estão sendo aterrados.

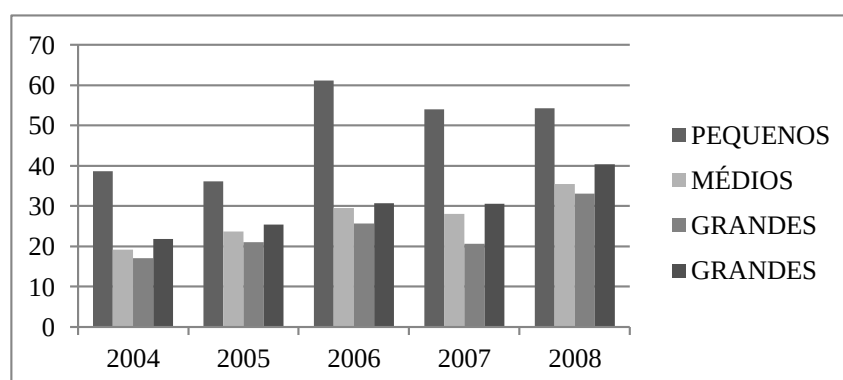
Verifica-se também que o custo da disposição final é mais elevado quando o aterro sanitário é operado por empresa privada. Isto se deve à melhor qualidade operacional das empresas privadas sobre os órgãos públicos, associada a um melhor controle dos custos operacionais. O custo médio por toneladas para disposição de resíduos em aterros sanitários considerando o porte do Município (Tabela 4), no período entre 2004 e 2008, enquanto no (Gráfico 2) representa seus custos graficamente.

Tabela 4: Evolução dos custos de destinação final aterros sanitários

Tamanho dos Municípios	Evolução dos custos de destinação final em Aterros Sanitários (R\$/t)					
	Ano	2004	2005	2006	2007	2008
Pequenos		38,63	36,08	61,22	54,08	54,25
Médios		19,24	23,7	29,48	28,12	35,46
Grandes		17,05	21,09	25,67	20,7	33,06
Média Geral		21,83	25,4	30,71	30,63	44,37

Fonte: IPEA, 2012.

Gráfico 2: Evolução dos custos de destinação em aterros sanitários (R\$/t)



Fonte: EMLUR, 2018.

A partir da análise da tabela e do gráfico anterior, verifica-se que há uma redução no custo por tonelada de resíduos aterrados, quanto maior o porte do município maior a quantidade a ser aterrada. O gráfico também revela que os custos unitários sobem com o passar dos anos, isto se deve ao fato de que o nível de exigência dos órgãos ambientais e o crescimento da população aumentam a cada ano.

Com as informações obtidas a cima, é possível fazer uma reflexão de que é necessária a criação de novas formas de reutilização de resíduos sólidos para que possamos ter uma diminuição

no número de resíduos com destino a aterros sanitários, pois todo resíduo coletado e destinado aos aterros do município gera um custo à sociedade seja ele ambiental ou econômica.

Principais impactos causados com a disposição das cascas de coco verde

Na área de estudo deste trabalho, O uma situação bastante comum que é a disposição do resíduo do coco verde em locais como caixas, contêineres, papelarias, areia da praia, logradouros, no entorno de coqueiros, dentre outros. Segundo relatos de comerciantes mesmo com a coleta sendo feita diariamente ainda é possível encontrar pequenos amontoados de lixo próximo a seus quiosques, sem a devida fiscalização dos agentes de limpeza acabam não sendo recolhidos na sua totalidade e permanecendo por vários dias acumulando água e atraindo vetores transmissores de doenças:

Um dos impactos mais relevantes da disposição inadequada de resíduos sólidos, incluindo os resíduos de casca de coco, é a proliferação de vetores transmissores de doenças. O acúmulo de resíduos sólidos contribui na transmissão de doenças por meio de vetores como: moscas, mosquitos, baratas e roedores que encontram nos resíduos alimentos, abrigo e condições adequadas para proliferação, conforme podemos identificar as doenças relacionadas com os macros vetores (Tabela 5).

Tabela 05. Enfermidades relacionadas aos resíduos transmitidos pelo macro vetores

Enfermidades relacionadas aos resíduos transmitidos pelo macro vetores		
Macro Vetores	Forma de transmissão	Enfermidades
Baratas	Asas, patas, corpo e fezes	Febre tifoide, cólera, giardíase
Mosquito	Picada	Malária, febre amarela, dengue
Moscas	Asas, patas, fezes e saliva	Febre tifoide, cólera, amebíase
Ratos	Mordida, urina e fezes	Leptospirose, peste bubônica

Fonte: Silveira, 2008.

Avaliação do potencial de aproveitamento das cascas de coco verde geradas nas praias do Cabo Branco, Tambaú e Manaíra

A pesquisa da EMBRAPA (2014), estima que grandes centros urbanos localizados em áreas litorâneas são geradores de 600 toneladas de resíduos por dia com o consumo do coco verde. No intuito de mitigar os danos causados pelos resíduos do coco, como o propósito de reverter o aspecto negativo o pós-consumo do fruto, se faz necessário a correta gestão dos resíduos, isto é, o aproveitamento do coco verde descartado através de uma cadeia agroindustrial geradora de novos produtos de maneira a criar mecanismos de utilização do resíduo do coco como insumo para outro sistema produtivo (SILVA, 2014).

Para a diminuição dos resíduos produzidos pelo coco nas orlas abordadas, tendo como alvo principal a criação de um material ecológico e de fácil aplicabilidade quanto à sua reciclagem, pôde-se pensar sendo a primeira delas na criação de placas de isolamento termo acústico sendo a fibra do coco como o material utilizado. Segundo estudos de Souza (2015) apesar das placas de fibra possuir resistência inferior à de madeira, sua capacidade de isolamento térmico demonstra um alto ganho energético com refrigeração.

A placa de isolamento termo acústica existe no mercado em diferentes densidades, destinadas para o uso em forros de alvenaria, enchimento de paredes, gesso, madeira e outras utilizações. Este controle acústico é considerado muito importante, pois o som pode acalmar uma pessoa e até aumentar a produtividade de uma empresa (SOUZA, 2015). A aplicação da placa é simples, e geralmente é muito utilizada na construção civil como podemos ver na (Figura 4) com

sua forma isoladamente. e na (Figura 4b) a forma como é aplicada na estrutura de alvenaria para que o isolamento acústico seja realizado.

Figura 4: Placa de isolamento termo acústico.



Fonte: Revista B+ negócios, 2015.

Quanto à fabricação de placas de fibra de coco, para cada metro quadrado produzido, são retirados das ruas 80 cocos que levariam oito anos para decomposição no meio ambiente. Em algumas composições esta fibra é triturada e misturada à resina de óleo de mamona, que também é natural. Depois o material é compactado numa prensa e recebe o revestimento, resultando em uma placa mais leve e resistente que o tradicional (SOUZA, 2015).

Outro método que poderia ser o aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete, o mesmo seria uma alternativa sustentável para a destinação de resíduos do coco *In Natura*. O briquete tem é por sua vez um bloco denso e compacto de materiais energéticos, geralmente feito a partir de resíduos de madeira. As matérias-primas utilizadas para a produção de briquetes pode ser: Serragem, maravalha, casca de arroz, palha de milho outros. Sendo assim, a o briquete seria constituído por fibra de coco prensada. Os briquetes podem ser utilizados na geração de energia elétrica com baixo custo e alto rendimento. A sua confecção já tem resultados positivos em comunidades próximas as orlas de Salvador. Portanto, poderia a confecção de briquetes poderia ser implementada nas cooperativas de catadores das orlas de Tambaú, Manaíra e Cabo Branco. Abaixo na (Figura 5) podemos observar a quebra do coco por uma moradora da comunidade de Salvador.

O polo turístico na região tem sua marca registrada, e por sua vez o artesanato é um dos grandes geradores de lucro nas orlas em estudo. Com a venda de suas peças para os turistas, os artesãos movimentam a economia local, geram emprego e renda não só para a família do artista como também para toda a sua comunidade (MTUR, 2016). O apoio para os artesãos da região é de grande importância, pois o seu artesanato feito com coco pode ser um diferencial na sustentabilidade ajudando de forma direta na diminuição do resíduo.

Figura 5: Confecção do briquete



CONCLUSÕES

Com o estudo nas orlas mostrou-se possível o aproveitamento das cascas na produção das placas de isolamento acústico, na produção de briquetes e sua utilização no artesanato para a criação de objetos nos quais o material principal é a fibra do coco. As vantagens da reutilização desse resíduo são visíveis e que além do contexto econômico e ambiental o mesmo implica na redução dos impactos causados com a disposição destas cascas nas orlas de Tambaú, Cabo Branco e Manaíra.

Além disso, o mesmo ajudaria na substituição de produtos sintéticos por produtos ecologicamente corretos e o alvo principal da pesquisa que é a diminuição da quantidade de lixo acumulado e evitar a proliferação de vetores transmissores de doença. O aproveitamento das cascas de coco verde surge como uma oportunidade de aumentar a vida útil dos aterros, devido a não disposição deste resíduo. Também agregaria valor ao resíduo, reduzindo os gastos com a limpeza pública e ajudando na economia local. O mesmo geraria empregos e renda levando assim um contexto social. Portanto, diante do cenário apresentado, verificamos que através de uma gestão inovadora e com reflexão profunda nas decisões pertinentes ao fluxo logístico do produto nas orlas é possível implantação de um projeto sustentável.

O estudo realizado poderá contribuir para uma maior abrangência do aproveitamento das cascas de coco em todo o estado da Paraíba que nos dias atuais segundo o IBGE é um dos maiores estados nordestino na produção de coco verde e principalmente na faixa litorânea onde o consumo de água de coco “*in natura*” é bastante apreciado pelo pólo turístico.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE – **Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais**. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo: 2016. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso em: 01 de novembro de 2017.
- CABRAL, N. P.; GOMES, D. P.; CABRAL, D. P.; TAVARES, R. M. **Avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos pela atividade turística na praia do morro de São Paulo-BA**. In CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 2014, Recife. Disponível em <<<http://www.sbpnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/9528.htm>>> Acessado em 20 de MARÇO de 2018.
- CORNÉLIO, M. N.; FREITAS, S.; SILVA, V. N.; ALMEIDA, W. K. P. de, **Análise da gestão de resíduos sólidos na associação de catadores de recicláveis de João Pessoa – Pb**
- EMBRAPA - **Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama 2014** / Carlos Roberto Martins – Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2013. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/122994/1/Producao-e-comercializacao-Doc-184.pdf> > Acesso em: 08 de março de 2018.
- IBGE, Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) – **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/geratabela?format=xlsx&name=tabela6588.xlsx&terr=N&rank=-&query=t/6588/n1/all/n2/all/v/35,109,216/p/201712/c48/0,39459/l/v,p%2Bc48,t>> Acesso em: 03 fevereiro de 2018.
- LIMA, M. S. P.; SILVA C. O. **Análise do gerenciamento dos resíduos gerados na orla da praia do Francês, Marechal Deodoro- AL.**, In CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 2014, Recife. Disponível em <https://www.eventsystem.com.br/admin/arquivos/7cbeu/submissoes/anais/f86f452ec5941d8a0f15645b5f93ea01.pdf>>> Acessado em 18 de MARÇO de 2018.

LINS, E. A. M., MARTINS, A. G. R., SILVA, Bruna Souza, SILVA, C. F. B. de S. **Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados na rua do lazer: Estudo de caso na universidade católica de Pernambuco. p. 329.** Disponível em: <<
https://dl.dropboxusercontent.com/nativeprint?file=https%3A%2F%2Fwww.dropbox.com%2Fs%2F15op883bc56n78s%2FEpersol_2016_Objativos_do_DS.pdf%3Fdisable_range%3D1%26from_native_print%3D1%26preview%3D1>> Acesso em: 10 de maio de 2018.

MTUR. **A IMPORTÂNCIA DO ARTESANATO PARA O TURISMO 2014** – Documento Informativo. Pág. 118, 2015. Disponível em: < <http://www.turismo.gov.br/chamadas/6032-a-import%C3%A2ncia-do-artesanato-para-o-turismo.html>> Acessado em 14 de 2018.

MMA, **Condutas Conscientes em Praias 2014** – Documento Informativo, p.118, 2015. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sececx_consumo/_arquivos/8%20-20mcs_lixo.pdf> Acessado em 12 dezembro de 2017.

MAFFIOLETTI, S., PAIVA, C.T., ALBUQUERQUE, J., CAVALCANTI, E. PAULA, J.de., **Gestão de Resíduos em shopping centers baseada em requisitos de certificação ambiental; O Caso do shopping Riomar Recife.** Acesso em 10 maio de 2018.

MARCHI, C. M. D.F. **Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos.** URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), v. 7, n. 1, p. 91-105, jan./abr. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692015000100091&lng=en&nrm=iso> Acesso em 10 maio de 2018.

MARQUES, Rodrigo,. **Conheça as matérias que permitem um total isolamento acústico para seu ambiente.** PORTAL [B+]. 13 mar. 2015 Disponível em <<http://www.grupobmais.com.br/canal-entretenimento/conheca-os-materiais-que-permitem-um-total-isolamento-acustico-para-o-seu-ambiente/>> Acessado em: 4 março de 2018.

MENEZES, M. A. S. M., GUIMARÃES, J. M. de S. C., **Abordagem sobre a Educação Ambiental nas escolas públicas de floresta – PE.** p. 435. Disponível em: <https://dl.dropboxusercontent.com/nativeprint?file=https%3A%2F%2Fwww.dropbox.com%2Fs%2F15op883bc56n78s%2FEpersol_2016_Objativos_do_DS.pdf%3Fdisable_range%3D1%26from_native_print%3D1%26preview%3D1> Acesso em 10 maio de 2018.

MOTA, F. A. S.; VIEGAS, R. A.; SANTOS, F. F. P.; FURTADO, A. S. **A Biomassa Do Coco Verde (Cocos nucifera)** In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC' 2015. Centro de Eventos do Ceará - Fortaleza – CE. Acessado em 09 de novembro de 2017.

PMGRS - **Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos de João Pessoa** –. Vol. I – Diagnóstico. pág.217, 2014. Disponível em: <<https://docs.google.com/file/d/0B4blLZfLYmweeG1KRzFmR1ZqUDg/edit>> Acesso em 10 de novembro de 2017.

RODRIGUES, W.; FILHO, L. N. L. M.; PEREIRA, R. S. **Análise dos Determinantes dos Custos de resíduos sólidos urbanos nas capitais estaduais brasileiras.** URBE - Revista Brasileira de Gestão Urbana, v.8, n.1, 2016. Disponível em: << <http://www.scielo.br/pdf/urbe/2015nahead/2175-3369-urbe-2175-3369008001AO02.pdf>>> Acesso em: 18 de abril de 2018.

SILVA, F. A.; SOUZA, D. F.; AMORIM, J. L. P.; LOPES, E. O.; BACKES, D. A. P., **Inovação sustentável do coco verde na Agroindústria.** In ENGEMA 2014 - ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE. 2014, São Paulo. Disponível em: << <http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/270.pdf>>> Acesso em: 18 de abril de 2018.

SILVEIRA, M. S. **Aproveitamento das Cascas de Coco verde para a produção de Brinquete em Salvador-BA.** 2008. 163 p. Disponível em <<http://teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_monica_silveira.pdf>>>> Acesso em: 11 de março de 2018.

SILVA, A. F. A.; SILVA, D. G. C.; SANTANA, C. V. A.; SILVA, J. D. J. C. **Adição diferentes fibras de Resíduos vegetais na resistência a compressão axial do concreto. p.823. 2015.** Disponível em: <<

https://dl.dropboxusercontent.com/nativeprint?file=https%3A%2F%2Fwww.dropbox.com%2Fs%2F15op883bc56n78s%2FEpersol_2016_Objctivos_do_DS.pdf%3Fdisable_range%3D1%26from_native_print%3D1%26preview%3D1>> Acesso em: 10 de maio de 2018.

SOUZA, E. S.; BRITO R. S; CAMPOS N. L. G,. **Aplicação da fibra do coco no processo de isolamento termo acústico**. Revista gestão e sustentabilidade 2015, Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/download/3350/2383> Acessado em 27 de janeiro.

XAVIER, E. A.; GOUVEIA, R. L; FERNANDES, M. L.B. **Percepção Socioambiental dos usuários em relação aos resíduos sólidos encontrados na praia de Candeias**, Jaboatão dos Guararapes-PE. In CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 2014, Recife. Disponível em <<<http://www.sbpnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/9528.htm>>> Acessado em 20 de dezembro de 2017.

VELASCO, M. G.; LUZARDO, F. H. M.; **Novos Indicadores para a avaliação de impactos sócio ambientais da inovação tecnológica em agroindústrias de reaproveitamento de resíduos. Aplicação na Agroindústria de coco**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais ABES- RBCiamb, v.33, n. 1p 1808-4524, 2014. Disponível em: < <http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/33-04.pdf>.> Acesso em: 12 janeiro 2018.

3.3. PRODUTOS QUÍMICOS, MANUSEIO E DESCARTE: A EXPERIÊNCIA DOS LABORATÓRIOS DO DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA DA UFRPE

INTERAMINENSE, Gilvaneide Guilhermina
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
gilufrpe@hotmail.com

CHITOLINA, Maria Rosa
UFRGS
mariachitolina@gmail.com

OLIVEIRA, Maria Betânia de
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
mbetania2008@gmail.com

CARVALHO, Reginaldo de
Universidade Federal de Rural de Pernambuco (UFRPE)
Reginaldo.carvalho@ufrpe.com.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento de dados sobre os resíduos químicos gerados nos laboratórios do Departamento da Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) a fim de contribuir com a implantação futura de um Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) no *Campus* Recife da UFRPE. Participaram da pesquisa 23 professores de ambos os sexos com no mínimo cinco anos de atuação docente. Foram respondidos questionários com 20 perguntas sobre a utilização de substâncias, resíduos e passivos químicos, sua forma de armazenamento e destinação final. Mais de 90% dos entrevistados afirmaram desenvolver alguma atividade com produtos químicos, gerando, consequentemente, resíduos. Os dados obtidos nos questionários evidenciaram diversas substâncias químicas usadas em aulas práticas e em ensaios de pesquisas como o formol, solventes orgânicos, sais, ácidos e bases. Desses, o mais usual foi o álcool, com um percentual de 100%, seguido do formol com 65,2% e dos ácidos com 60,9%. Dos participantes, 73,9% afirmaram que geram resíduos nas atividades das aulas práticas e também nos procedimentos das pesquisas. Quanto aos resíduos gerados, 61,9% dos entrevistados afirmaram que jogam diretamente em pias ou lixo comum. De acordo com as respostas obtidas, constatou-se que não há procedimentos padrões para o manuseio nem destinação destes resíduos na instituição, sendo necessária a elaboração e disponibilização de documentos, manuais e ou guias práticos que orientem e regulamentem os procedimentos adequados para o gerenciamento de tais resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Guia, Manejo, Resíduos.

INTRODUÇÃO

Segundo a Resolução da Diretoria do Colegiado RDC nº 306 de 2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, as Instituições de Ensino Superior (IES) são consideradas geradoras de resíduos pelo uso das substâncias químicas perigosas classificadas no grupo B (BRASIL, 2004). Nas Universidades, normalmente são utilizados produtos químicos que geram resíduos pertencentes à mesma classe dos resíduos perigosos, classificados como inflamáveis, corrosivos, explosivos e tóxicos (DE CONTO, 2010).

No Brasil, algumas IES têm se preocupado com o problema da geração de resíduos químicos em suas pesquisas e práticas didáticas (ALBERGUINI et al. *Apud* DE CONTO, 2010). Estas instituições, como exemplo, o Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a Universidade de Brasília (UNB) vêm desenvolvendo programas de gerenciamento e tratamento desses resíduos químicos, além de programas computacionais que auxiliam no conhecimento das informações sobre a geração, manejo e descarte dos resíduos (COLLOVINI et al., 2014; ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2005; AMARAL et al., 2001). A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) vem desenvolvendo nos últimos anos algumas ações significativas nesse tema (OLIVEIRA et al., 2018a).

Embora existam instituições brasileiras como as supracitadas, desenvolvendo gerenciamento de resíduos químicos, o número ainda é pequeno quando comparado ao quantitativo de instituições existentes. Na maioria das instituições o tema inexistente ou ainda é pouco discutido. Isso se dá, dentre outros fatores, à falta de um órgão fiscalizador, o que possibilita a prática do descarte inadequado, além da necessidade de capacitação dos seus usuários (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2005). Para que o gerenciamento dos resíduos químicos seja realizado de maneira ambientalmente correta, medidas técnicas e administrativas devem ser implantadas envolvendo desde a prevenção e o controle efetivo da geração até a sua disposição final (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2005).

Vale ressaltar que as substâncias utilizadas nessas atividades geram resíduos químicos que, na maioria das vezes, precisam ser tratados antes do seu descarte final promovendo a valorização do ensino aliada a uma educação socioambiental (OLIVEIRA et al., 2018b).

O Departamento de Biologia, integrante da UFRPE e local da realização da presente pesquisa é composto por áreas de ensino e pesquisa contando com laboratórios que desenvolvem atividades na graduação e pós-graduação. O curso de Biologia desenvolve suas atividades laboratoriais utilizando substâncias químicas orgânicas e inorgânicas.

O presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento de dados sobre os resíduos químicos gerados nos laboratórios do Departamento de Biologia da UFRPE a fim de contribuir para implantação futura de um PGRQ no *Campus*. Este trabalho é um recorte preliminar dos resultados de uma pesquisa de mestrado que está sendo desenvolvida no Programa de Pós-graduação em Química da Vida e da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) sobre o tema Gerenciamento de resíduos químicos no *Campus* Recife da UFRPE.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Produtos químicos utilizados em atividades de ensino e pesquisa, frequentemente, dão origem aos resíduos químicos que geralmente são substâncias nocivas ao homem e meio ambiente. Segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), nº 358, de 20 de abril de 2005 (CONAMA, 2005), resíduo químico é:

Todo material ou substância com característica de periculosidade, quando não forem submetidos a processo de reutilização ou reciclagem, que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente,

dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Todos os resíduos gerados que por ventura estiverem dentro da listagem da resolução do CONAMA serão considerados Resíduos Químicos, e deverão ser acondicionados, rotulados e encaminhados para área de Armazenamento Externo de Resíduos Químicos, para ser descartado adequadamente.

As substâncias e seus respectivos resíduos devem obedecer às normas gerais de estocagem. A área de armazenamento deve ser sinalizada, ventilada, protegida de altas temperaturas e fonte de ignições sem ocorrência de faísca. Os recipientes devem receber rótulo padrão constando as identificações originais e o grau de inflamabilidade pelo seu caráter de risco de incêndio. Dentre os selecionados encontram-se os álcoois metanol, etanol que não devem ser descartados em pias porque eles podem provocar riscos de explosão por causa do vapor na rede de esgoto (HIRATA, 2002). O metanol, quando desprezado em determinada quantidade no ambiente aquático, pode ocasionar a mortalidade de diferentes espécies, assim como contaminar o lençol freático (CARVALHO, 1999).

As substâncias químicas consideradas tóxicas são as que oferecem risco à saúde e à vida, danificando tecidos ou órgãos internos podendo causar a morte (BUSCHINELLI, 2000). O manuseio diário sem as precauções ou uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), apresenta perigos diversos a saúde do trabalhador como efeitos tóxicos provocados diretamente pelo contato com a pele (MICARON, 2002). Como exemplo, existem os metais pesados que são lentamente absorvidos podendo ser acumulados no organismo. O chumbo (Pb) dentro do organismo tem afinidade pelo tecido ósseo, o cádmio (Cd) pelo córtex renal causando alterações neurológicas, gastrintestinal, renais e hematológicas já o mercúrio pode comprometer o sistema nervoso gerando falhas de memória, mudanças de humor e até demência (BUSCHINELLI, 2000).

Resíduos químicos nas universidades

Ao analisar a gestão de resíduos químicos em IES Saramento (2016), afirmou que tal gerenciamento trata-se de um sistema complexo devido às diversificações dos resíduos. Isso exige pensar de forma sistêmica, levando em consideração o ciclo de vida dos resíduos e a redução dos impactos ambientais gerados por eles. Em sua pesquisa, a autora discute a ausência de definições das responsabilidades dos geradores e a falta da estruturação da gestão dos resíduos.

Segundo Marshall e Farahbakhsh *apud* Saramento (2016), identificaram que na gestão integrada dos resíduos sólidos em países desenvolvidos a urbanização, desigualdade e crescimento econômico, além de aspectos culturais, políticos, e institucionais influenciaram no gerenciamento dos resíduos. Os autores demonstraram a importância de uma nova abordagem na gestão desses resíduos na busca de uma gestão sustentável.

Segundo Ruppenthal *apud* Passos *et al.* (2018) o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é um conjunto de procedimentos que visa ajudar a organização empresarial a atender, controlar e diminuir os impactos ambientais de suas atividades, produtos e serviços. Baseado no cumprimento da legislação ambiental vigente e na melhoria continuada do desempenho ambiental da organização.

Bezerra (2014), em sua pesquisa para implantar um sistema de gerenciamento de resíduos químicos gerados em um laboratório, afirma que é preciso identificar os passivos químicos e propõe a identificação dos metais pesados com a técnica de fluorescência de raios-X e espectroscopia de absorção atômica de chama. Em seu estudo realizou e obteve 85,71% de caracterização dos reagentes que não tinham identificações e a recuperação de 58,12% para a utilização nos processos químicos. Os estudos corroboram para as investigações e implantação de gerenciamento de resíduos.

Outro exemplo corresponde à análise realizada no roteiro de aula prática nas disciplinas de química orgânica e inorgânica da UTFRP. Nessa análise foi detectada a geração de resíduos químicos perigosos de acordo com a NBR 10004 de 2004 da ABNT (ABNT, 2004; BARBOSA, 2015). Esse resultado deu origem a uma proposta de mudança no roteiro das aulas práticas com a substituição dos reagentes utilizados por outros não danosos. Os testes realizados atingiram os objetivos propostos; a aprendizagem não foi prejudicada e o caráter da aula mantido. Os resultados colaboraram com a possibilidade de ser adotada a metodologia para outras instituições minimizando assim os resíduos gerados.

Nos casos em que não existem mais a possibilidade de recuperar um resíduo químico, deve-se tentar neutralizá-lo ou minimizar o máximo possível a concentração para diminuir o impacto ambiental. Uma das propostas citadas por Rosenbrock (2016) para o formol é o tratamento pelo processo de Fenton para obter oxidação química do formaldeído. Esse processo visa obter a degradação da concentração inicial de 30 a 40g L⁻¹ para a concentração final de 1,5¹.

Na perspectiva de reduzir os resíduos gerados em aula prática Gomes (2013), propôs um tratamento de recuperação e reutilização dos resíduos gerados em laboratórios de ensino. Os métodos propostos recuperaram íons de Prata, Mercúrio, Cobre e Arsênio. Houve uma contribuição na formação educacional dos alunos, como também para diversos laboratórios de ensino de química.

Apesar das diferentes alternativas para implantar um PGRQ, todas as ações tiveram como premissa a realização de um diagnóstico para identificar os geradores dos resíduos químicos. Segundo OLIVEIRA et al. (2018b) a coleta de dados para compor o inventário é uma prática indispensável em um PGRQ. Porém essa ação não é suficiente. Deve haver, também, um envolvimento dos responsáveis da instituição e de toda a comunidade acadêmica para o sucesso do programa. Ainda de acordo com esses autores, a educação por meios de manuais é uma proposta viável que agrega valores e altera o meio funcionando como uma ferramenta de transformação. Os manuais de gestão de resíduos têm o propósito de gerir, mas também de educar, mudar hábito e criar cultura. Por fim, OLIVEIRA et al. (2018a) afirma que a educação ambiental tem buscado incessantemente novas formas de relação dos homens com a sociedade e com o planeta.

METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a temática dos Resíduos Químicos em IES, como também um levantamento das normas vigentes no país sobre a regulamentação, normatização e fiscalização dos resíduos químicos. Também foram utilizados artigos que versavam sobre gerenciamento de Resíduos Químicos, pesquisados na base de dados dos periódicos CAPES, dissertações, teses, manuais, além de livros.

Este trabalho utilizou o método quantitativo de levantamento de dados (GIL, 2012) com a finalidade de coletar informações sobre os resíduos químicos gerados nos laboratórios do Departamento de Biologia da UFRPE, *Campus* Recife. Toda pesquisa baseou-se na geração, armazenamento e destinação final dos resíduos químicos gerados nos laboratórios investigados. A escolha por laboratórios deste departamento ocorreu devido à frequente utilização de produtos químicos em atividades de pesquisas e aulas práticas e pelo desconhecimento dos procedimentos realizados após a geração destes resíduos.

Participantes da pesquisa

Participaram da pesquisa 23 professores de ambos os sexos, entre 35 e 60 anos. Apenas professores com mais de cinco anos de atuação docente foram convidados a participar do estudo.

Este critério foi definido uma vez que, com cinco anos de atuação, há uma maior aderência do professor com a sua prática em laboratório, seja na atuação como docente seja como pesquisador.

Materiais e instrumentos utilizados

Para realização da coleta de dados, foi elaborado um formulário eletrônico por meio do *Google Forms*, uma plataforma digital que disponibiliza ferramentas para a elaboração de questionários autoaplicáveis. Estes questionários foram enviados para o e-mail de cada professor, juntamente com um convite para participação na pesquisa.

O formulário foi composto por 20 perguntas, sendo subdividido em três pautas. A primeira tratou dos dados de identificação dos participantes; a segunda sobre o uso de produtos e substâncias químicas, bem como seu uso e armazenamento e a terceira sobre os procedimentos de descarte dos resíduos químicos.

Procedimentos de coleta e análise dos dados

Após a finalização do formulário eletrônico, foram enviados *e-mails* convidando cada professor a participar da pesquisa. Neste convite, foram apresentados os objetivos do trabalho, bem como os procedimentos realizados. Os professores participantes da pesquisa responderam ao formulário eletrônico e as respostas geradas foram enviadas para o setor de gerenciamento que o próprio site do *Google* disponibiliza. As respostas foram catalogadas pelo site que disponibilizou gráficos para análise dos dados.

A coleta de dados teve duração de dois meses. Este período foi necessário, visto que dos 23 professores, apenas cinco conseguiram responder sem precisarem de esclarecimentos sobre termos específicos da área de Química. Os demais solicitaram auxílio da pesquisadora para maiores esclarecimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

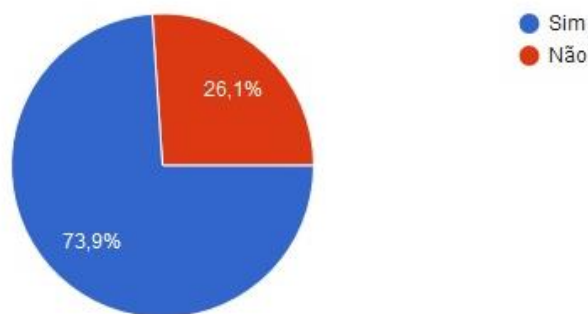
As perguntas do instrumento utilizado englobaram dados de informações sobre (i) a identificação dos professores participantes; (ii) dados sobre a utilização de substâncias químicas, a geração de resíduos químicos, passivos químicos, como também a forma de administrar esses produtos, seja no armazenamento, seja na identificação (rótulos e inventários) destes nos laboratórios. Por fim, (iii) as perguntas do questionário versaram sobre as formas de destinação final dos resíduos químicos gerados nos laboratórios.

As áreas de conhecimento dos laboratórios foram bem diversificadas, havendo professores da área de biologia, botânica, genética, zoologia, ecologia e ensino de ciências. Dos professores entrevistados, 47,8% utilizam os laboratórios com a finalidade de realizar aulas práticas e pesquisas científicas. Os 52,2% restante utilizam os laboratórios unicamente para fins de pesquisa, resultando em ambos os casos na geração de resíduos químicos. A seguir serão apresentadas as pautas de análise sobre a administração de substâncias, resíduos e passivos químicos produzidos.

Sobre a utilização de substâncias químicas e a geração de resíduos químicos nos laboratórios de biologia

Quando questionados sobre a utilização de substâncias químicas em suas práticas diárias, 100% dos participantes afirmaram que utilizam algum tipo de substância. Os dados mostram que em geral são utilizados: corantes, água oxigenada, naftalina, cloreto de potássio, óxido, sais, solventes orgânicos e bases. Entretanto as substâncias mais citadas foram o álcool (100%) seguido do formol (65,2%) e dos ácidos (60,9%). Sobre a geração de resíduos químicos, 73,9% dos participantes afirmam que geram resíduos nas suas práticas de laboratório, conforme ilustra o gráfico abaixo:

Gráfico 1: Resíduos químicos gerado nas atividades laboratoriais do Departamento de Biologia da UFRPE.



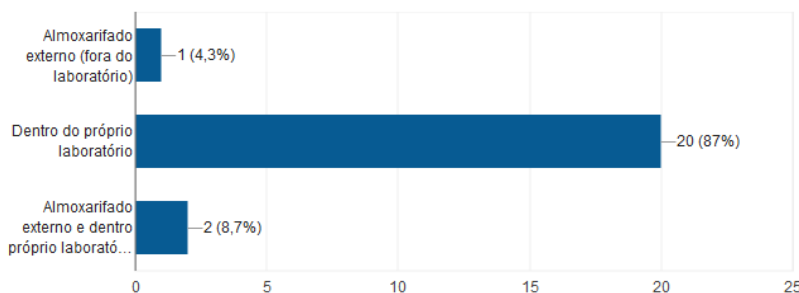
Segundo Mignoni et al (2008), para que possamos reduzir o impacto ambiental dos resíduos, além dos cuidados para descarte adequado, é necessário a adoção de medidas para não gerar resíduos ou mesmo minimiza-los, pode acontecer realizando mudanças no planejamento das atividades de ensino, em práticas de laboratório que possibilitam economizar reagentes, minimizar os resíduos e contemplar a dimensão ambiental. De acordo, com Borba e Otero (2009), a adoção dos princípios de produção mais limpa, chamado de 5Rs, é uma ideia muito boa para a inserção nos laboratórios que tem atividade relacionadas com produtos que prejudique o meio ambiente e a saúde.

- Repensar os hábitos de consumo e descarte;
- Recusar produtos que prejudique o meio ambiente e a saúde;
- Reduzir o consumo;
- Reutilizar e recuperar o máximo antes de descartar;
- Reciclar materiais.

4.1. Sobre a forma de organização, armazenamento e normatização do uso das substâncias, resíduos e passivos químicos nos laboratórios de biologia

Conforme ilustra o gráfico abaixo, 87% dos participantes armazenam as substâncias químicas no próprio laboratório onde são utilizadas. Os demais armazenam em almoxarifados dentro ou fora dos laboratórios.

Gráfico 2: Locais de armazenamento das substâncias químicas no Departamento de Biologia da UFRPE.

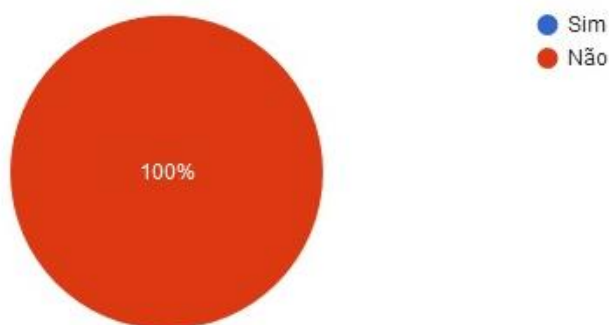


Ainda sobre produtos químicos, 90,9% dos participantes afirmaram que em seus laboratórios não há Ficha de informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ). Sendo este, portanto, um dado preocupante uma vez que a manipulação de produtos químicos sem o auxílio das fichas de segurança representa um risco para o usuário e o meio ambiente.

Quanto ao gerenciamento dos passivos químicos, ou seja, produtos químicos que não estão em uso ou estão com prazo de validade vencido, 86,4% afirmaram que não existe inventários (documentos que cataloguem e/ou identifiquem os produtos químicos), no local da geração. A ausência de rótulos nos recipientes dos resíduos químicos gerados representa um risco para os manipuladores e demonstra a necessidade de um programa de gerenciamento que normatize, fiscalize e monitore os produtos gerados com o intuito de facilitar o manejo e o descarte ambientalmente adequado dos resíduos gerados (OLIVEIRA et al., 2018b).

Quanto aos resíduos químicos, mais da metade dos participantes (54,5%) afirmaram que não há identificação dos resíduos químicos gerados em laboratório. Um dado importante foi que 100% dos participantes afirmaram que não existe nenhum documento que relacione a matriz de compatibilidade química dos resíduos, conforme ilustra a imagem abaixo.

Gráfico 3: Presença ou ausência de matriz de compatibilidade química nos laboratórios investigados.



Esses dados são preocupantes, pois demonstram a necessidade da implantação de um PGRQ no *Campus*. O diagnóstico, a identificação, a segregação, bem como o inventário, são procedimentos iniciais e necessários para implantar qualquer programa de gestão de resíduos seja no ensino ou pesquisa.

Sobre a destinação final dos resíduos químicos gerados pela universidade

Quanto a destinação final dos resíduos químicos gerados pelos laboratórios de Biologia, 61,9% dos entrevistados afirmaram que jogam diretamente na pia ou no lixo comum. Essa é uma prática inadequada e revela a necessidade urgente de ações de educação ambiental no *Campus*.

Outro dado também importante e que ratifica o desconhecimento por parte dos participantes a respeito da destinação final dos resíduos químicos é a diversidade de respostas apresentadas frente à frequência com que eles percebem o recolhimento destes resíduos. Observando o gráfico abaixo é possível perceber que não há uma regularidade que designe uma rotina a respeito do gerenciamento de resíduos químicos gerados pelos laboratórios de ensino e pesquisa. Muito resíduos químicos acabam sendo estocados por muito tempo nos laboratórios, gerando potenciais riscos aos estudantes, técnicos e professores que utilizam o local.

Gráfico 4: Frequência do recolhimento dos resíduos químicos na UFRPE



Por fim, em conformidade com os dados apresentados, 61% dos participantes afirmam que os laboratórios em que realizam suas atividades não estão vinculados a nenhuma rede de tratamento de esgoto.

Esses dados obtidos comprovam que são necessárias medidas urgentes para resolução do problema de resíduos na UFRPE. No entanto, temos exemplos que nos mostram que com dedicação, trabalho, planejamento e investimentos soluções são possíveis, como é o caso da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), que desde 1999 assumiu o compromisso em cuidar dos seus resíduos gerados,. Essa instituição iniciou seu trabalho nesse tema com a realização do inventário catalogando os resíduos químicos usando a classificação química orgânica e inorgânica, diagnosticando o passivo e o ativo químico. Além das ações preventivas, a universidade traçou planos de incentivos juntamente com os docentes para realizar projetos de pesquisa que contemplasse tratamento de resíduos orgânicos e inorgânicos nos cursos de Engenharia Ambiental e Química Industrial. Outra ação, também desenvolvida, que gerou excelentes resultados, foi o oferecimento de disciplinas nas grades curriculares de controle da poluição da água e do solo, gestão ambiental e tecnologias limpas, segurança laboratorial e química ambiental. As ações foram bem-sucedidas, tornaram os alunos agentes multiplicadores, consciente, éticos, e disseminadores da preservação ambiental. Essa mudança de pensamento mecanicista para um pensamento sistêmico, renova, origina modelo de cooperação e parceria como os sistemas naturalmente sustentáveis que a natureza apresenta como exemplo (CALLEMBACH,1993).

CONCLUSÕES

A presente pesquisa se propôs a realizar um levantamento nos laboratórios do departamento da Biologia da UFRPE sobre a utilização de produtos químicos, geração dos resíduos e seu descarte final. Os resultados apresentados revelaram que todos os participantes utilizam substâncias químicas nas suas práticas docentes, porém, há entre eles, um certo desconhecimento sobre métodos de gerenciamento dos resíduos gerados em aulas práticas e nas pesquisas realizadas. Pela falta de conhecimento da maneira adequada de gerenciar resíduos em suas práticas docentes, e não haver na instituição um Programa de Gerenciamento de Resíduos, o fenômeno resíduo químico toma uma dimensão preocupante dentro dos laboratórios de ensino e pesquisa do departamento da Biologia. Este é um trabalho pioneiro que vem sendo desenvolvido na UFRPE e faz parte de uma proposta mais ampla que deve contemplar outros departamentos e *Campi* desta instituição.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 16725.201."Resíduo químico- Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Ficha com dados de segurança de resíduos químicos e rotulagem. **Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10.004 de 2004.**

ALBERGUINI, L. B. A.; SILVA, L. C.; RESENDE, M. O. O. **Tratamento de Resíduos Químicos**: guia prático para soluções dos resíduos químicos. São Paulo: RIMA 2005.

AMARAL, S. T. **Relato de uma experiência**: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Química nova, v. 24, n. 3, p. 419-123, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v24n3/a22v24n3.pdf>>. Acesso em: 16. Nov. 2016.

BARBOSA, R. **Avaliação da geração de resíduos em disciplinas de química orgânica e inorgânica e propostas de redução**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Curitiba, 2015.

BEZERRA, D. S. **Implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos químicos no laboratório de saneamento ambiental da UFC**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Fortaleza, 2014.

BORBA, M. P.; OTERO, P. **Consumo sustentável/5 elementos**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo; Instituto de Educação e Pesquisa Ambiental, 2009.

BRASIL. **Resolução Anvisa nº 306, de 07 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde, 2004.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005**. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências, 2005.

BRASIL. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Portaria MTE/SIT/DSST Nº 191, de 04 de dezembro de 2006. Ministério do Trabalho. DOU DE 06/12/2006.

BUSCHINELLI, J.T.P. “**Agentes químicos e intoxicações ocupacionais**”. In: FERREIRA JUNIOR, M. Saúde no trabalho. Temas básicos para o profissional que cuida da saúde dos trabalhadores. São Paulo: Roca, PP. 138-175, 2000.

CALLENBACH, E. **Gerenciamento ecológico**. São Paulo: Cultrix, 1993.

CARVALHO, P. R. **Boas práticas químicas em biossegurança**. 1º Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1999.132p.

COLLOVINI, G. T. et al. **Implantação de Planos de gerenciamento de resíduos em laboratório de Ensino em química na UFSM**. Associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental, 2014. Disponível em: <http://www.abes-df.org.br/upload/estudo/2014_10_01/i-062.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.

DE CONTO, S. M.. **Gestão de Resíduos em Universidades**. Caxias do Sul, RS: EducS, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2012.

GOMES, M. G.; BORGES, S. S. S.; JÚNIOR, A. E. C.; SILVA, R. S.; SILVA, F. J.; OLIVEIRA, S. N. O.. Tratamento, recuperação e reaproveitamento de resíduos químicos gerados em laboratórios de ensino da UFC. **Revista Universo & Extensão**, vol. 1, n.1, 2013.

HIRATA, M. H; FILHO, J. M. **Manual de Biossegurança**. São Paulo: Manole, 2002.

MARSHALL, R. E; FARAHBAKHS, K. (2013). Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. **Waste Management**. 33, p. 988 – 1003.

MIGNONI, R. C.; BLANKENBURG, S.;BRUSTOLIN,I.; DE CONTO, S. M.;PESSIN, N. **Reduction of waste generation in a chemical laboratory of University of Caxias do Sul** In: INTERNATIONAL

SYMPOSIUM ON RESIDUE MANAGEMENT IN UNIVERSITIES, 4., 2008, Brasília. Anais...Brasília: UNB, 2008.

MICARON, R. C. da C. M. **Gestão de resíduos em laboratório da Unicamp**. Tese de Doutorado Universidade Estadual de Campinas, SP, 2002

OLIVEIRA, M. B. M. de; GONZAGA, W. V.; MENEZES, R. S. C.; XAVIER, M. de F. M. Educação ambiental por meio de manuais: uma estratégia para gestão de resíduos sólidos e sustentabilidade na UFPE. In: SILVA, R. C. P. da; SANTOS, J. P. de Oliveira; MELLO, D. P. de; El Deir, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**, 1.ed. Recife: EDUFRPE, 2018a.

OLIVEIRA, M. B. M. de; SANTOS, D. S. dos; SOUZA, C. C. de; SANTOS, M. V. B. Gerenciamento de resíduos químicos na UFPE. Implantação e Monitoramento. In: M. D. P. de; EL – Deir, S. G.; SILVA, R. C. P. da. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão pública e privada**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2018b.

PASSOS, C. R. L. dos; SILVA, D. J. A. da; SILVA, J. C. da ; LIRA, C. W. P. de. Educação ambiental e os resíduos sólidos no serviço público de ensino do IFPE. In SILVA, R. C. P. da; SANTOS, J. P. de O.; MELLO, D. P. de; El Deir, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**, 1.ed. Recife: EDUFRPE, 2018.

ROSENBROCK, L. C. C.. **Estudo da degradação de formaldeído por processo fenton**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de ciências físicas de matemáticas. Programa de Pós- graduação em Química. Florianópolis – SC, 2016.

RUPPENTHAL, J. E. **Gestão ambiental**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria Rede e- Tec. Brasil, 2014. 128p.

SARAMENTO, E. **Gestão de resíduos químicos em uma instituição de ensino superior**: aplicação dos princípios do pensamento sistêmico e de ciclo de vida. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, centro tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis – SC, 2016.

3.4. REMOÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS POR BIOMASSA MISTA DE *Aspergillus niger* E CASCA DE LARANJA (*Citrussinensis* l. Osbeck)

SOUZA, Karina Carvalho

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Karinacar_souza@hotmail.com

MARQUES, Olga Martins

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
olgamarques@gmail.com

GOMES, Maria José de Filgueiras

UFRPE
maryquimica@yahoo.com.br

CAMPÊLO, Jacqueline de Moraes

UFPE
Jacqueline.mcampelo@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de remoção de corante têxtil, em solução aquosa sintética e em efluente, utilizando adsorventes mistos preparados pelo crescimento do *Aspergillusniger* em cascas de laranja (*Citrussinensis* L. Osbeck). Os materiais produzidos foram inativados por autoclavação, divididos em três porções (sem tratamento, com tratamento ácido e com tratamento básico) e caracterizados por difração de raios-X (DRX) e ponto de carga zero (pH_{pcz}). O estudo de adsorção foi realizado sob agitação de 140 rpm a 30 °C e os resultados indicaram que houve uma remoção de 100% do Remazol Black B e 94,85% para Remazol Vermelho, ambos partindo de uma concentração inicial de 25mg L⁻¹. Os maiores percentuais de remoção foram observados com o adsorvente tratado com solução ácida. O adsorvente utilizado foi capaz de remover corantes têxteis da solução sintética com capacidade adsortiva de 20,77 mg g⁻¹ e 19,28 mg g⁻¹ para os corantes Remazol Black e Remazol vermelho respectivamente. Tendo em vista os aspectos observados, o adsorvente estudado mostrou-se promissor para remoção de corantes têxteis.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção; Remazol Black B; Remazol Vermelho.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso esgotável e imprescindível para a manutenção dos ecossistemas terrestres e quaisquer alterações nos seus parâmetros de qualidade podem acarretar em sérias adversidades, tanto para o desenvolvimento socioeconômico quanto para a sobrevivência dos organismos que dela dependem (GARCIA et al., 2015). No Brasil existem mais de 6 mil lavanderias têxteis, que consomem de 50 mil a 300 mil litros de água por mês cada, sendo que, apenas 20% dessa água é incorporada ao processo e o restante retorna aos corpos hídricos na forma de efluente. Ainda segundo o autor, essas indústrias geram grandes quantidades de resíduos, que nem sempre são tratados adequadamente antes de serem descartados na natureza (RESENDE, 2012). Os corantes, principalmente os sintéticos, são amplamente utilizados para o tingimento de tecidos e estão entre os principais poluentes encontrados naquelas indústrias (LORENA et al., 2017).

Diante dessa problemática, diversos pesquisadores têm procurado alternativas viáveis para garantir que os efluentes têxteis fiquem de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação vigente (Resolução Conama nº357/05), e a adsorção, utilizando materiais que antes seriam resíduos, pode ser uma alternativa ecologicamente correta e promissora (ROCHA, et al., 2012).

Os adsorventes podem ser produzidos pelo aproveitamento de resíduos agroindustriais como a iniciativa de diminuição do impacto ambiental gerado por esses descartes e como alternativas economicamente mais viáveis, além de ambientalmente segura. Podem ser produzidos apenas pelos resíduos (CARDOSO et al., 2011) ou pela incorporação de microrganismos (fungos, bactérias e leveduras) àqueles substratos. Quando os microrganismos são incorporados ao resíduo permitem alterações na estrutura que podem conferir ao adsorvente, propriedades especiais de adsorção (FRANCO et al., 2010, CRUZ et al., 2016). Diante do exposto o presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência da remoção dos corantes Remazol Black B e Remazol vermelho por uso de adsorvente produzido pelo crescimento do fungo *Aspergillusniger* em cascas de laranja. Obtendo dessa forma um tratamento ecológico e seguro.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Efluentes Industriais

O aumento das atividades industriais e da população ocasionou ao longo dos anos um aumento exponencial na carga de dejetos lançada nos rios, comprometendo a qualidade dos corpos hídricos (SAWYER et al., 2004; CHAVES, 2017). As primeiras fábricas têxteis no Brasil surgiram no início do século XIX, sendo de pequeno porte e tinham como matéria prima o algodão, cultivado desde os primeiros anos da colonização (CLEMENTINO, 2012; FUJITA, 2015). Atualmente, o Brasil é quinto maior produtor de têxteis do mundo, sendo considerado o segundo maior produtor de “denim”, a matéria prima para produção de jeans. Diante desse cenário industrial, Pernambuco se destaca como um dos maiores polos de confecções, cujo motor pólo se concentra principalmente nas cidades de Caruaru, Toritama e Santa Cruz do Capibaribe, perdendo apenas para São Paulo. A região oferece cerca de 100 mil empregos e produz 900 milhões de peças por ano, o que gera cerca de 20 mil empreendimentos (SEBRAE-PE, 2015; RIBEIRO et al., 2017).

Em um levantamento realizado pela CPRH, das lavanderias visitadas em Toritama, cerca de 93% são de pequeno porte (até 1000 m²) e 7% de médio porte (até 8000 m²) e quanto a água utilizada no processo industrial, 93% é proveniente de carros pipa. Durante a análise de licenciamento ambiental, todas as empresas encontravam-se operando de forma irregular, ou seja, não possuíam a licença de operação. Da mesma forma, 67% não possuíam o alvará de funcionamento da prefeitura, demonstrando um índice elevado de clandestinidade. Outro dado alarmante é em relação ao descarte de efluentes, onde entorno de 70% das lavanderias descarta seus efluentes industriais sem tratamento diretamente na rede pluvial do município que, posteriormente, atinge o Rio Capibaribe (CPRH, 2005; ABIT, 2013).

Devido à dimensão desse setor e a quantidade de resíduos gerados e descartados nos recursos hídricos sem nenhum tratamento e fiscalização, têm ocasionado sérios danos ao meio ambiente. Para fabricação de jeans, por exemplo, a retirada do corante é feita através de lavagens no tecido, considerada uma das etapas que mais consome e contamina a água (SILVA, 2014; PINHEIRO et al., 2017). De acordo com Tavares et al., (2011), aproximadamente 120 litros de água são gastos para o beneficiamento de um par de jeans. Desta maneira, o problema no tratamento de efluentes ocorre devido a presença de resíduos provenientes da etapa de tingimento, pois estes possuem coloração intensa e baixos níveis de degradação impedindo que a luz solar atinja plantas aquáticas, interferindo no processo de fotossíntese (BORTOTI et al., 2016). Em contra partida, as leis de controle ambiental vêm determinando limites cada vez mais rigorosos para os rejeitos tóxicos que podem contaminar as águas, devendo-se as indústrias adequarem-se a nova realidade legal, tratando seus efluentes líquidos de forma a enquadrá-los de acordo com a Resolução do Conama 357/2005 (CONAMA, 2005). Tal exigência relacionada à poluição ambiental tem levado grupos de pesquisa a estudarem alternativas mais baratas e eficazes para o tratamento de efluentes líquidos contaminados por compostos tóxicos.

Corantes Têxteis

Os corantes têxteis são compostos orgânicos sintéticos que tem como finalidade conferir cor as fibras, sejam elas naturais ou sintéticas (AKSU E TEZER, 2000; PEIXOTO, et al., 2013). Possuem, em geral, na sua estrutura dois componentes: o grupo cromóforo, responsável pela absorção da radiação, o qual confere à fibra coloração, devido as ligações duplas conjugadas (nitro, nitroso, azo e carbonila) e o grupo funcional que permite a fixação no tecido (VAGHETTI, 2009; CRUZ et al., 2016). De acordo com DELLAMATRICE (2005), cerca de 10 mil corantes que são produzidos, aproximadamente, 2 mil são utilizados na indústria têxtil. Estudos comprovam que no Brasil 20 toneladas por ano de corante são consumidas e 20% descartado, isso ocorre devido a fixação incompleta do corante à fibra durante a etapa do tingimento.

Um dos corantes mais utilizados no tingimento de tecidos é o Remazol Vermelho ($C_{25}H_{15}N_7O_{16}S_5Na_4Cl$). Este corante está incluído na família dos azocorantes, sendo extensivamente utilizado no tingimento de fibras têxteis. É um corante bifuncional que possui a capacidade de se ligar as fibras dos tecidos por meio dos grupamentos monoclorotriazina e vinilsulfona (MAGDALENA, 2010). Bastante semelhante ao primeiro, tem-se também o Remazol Black B ($C_{26}H_{21}N_5Na_4O_{19}S_6$), que apresenta na sua estrutura o grupo azo ($-N=N-$) e dois grupamentos sulfônicos ($-SO_2-CH=CH_2$) que são responsáveis pela reação do corante com a fibra têxtil (SILVA, 2009).

Contudo, a presença de corantes no efluente é algo extremamente indesejável, pois a maioria dos corantes é resistente à exposição à luz e a muitos produtos químicos devido a estes possuírem estrutura complexa de difícil degradação (CERQUEIRA, 2006), não sendo possível a sua remoção adotando apenas um procedimento, pois, além dos corantes a indústria têxtil faz uso rotineiro de vários outros aditivos químicos (umectantes, antiespumantes, eletrólitos, dispersantes, ajustadores de pH, normalizadores, sequestrantes), que dificultam ainda mais o processo remoção (ZANONI; CARNEIRO, 2001; BRITO, 2013).

Métodos de Tratamento de Efluentes Têxteis

Para tratar águas residuais de corantes têxteis, empregam-se geralmente 3 tipos de tratamento: químico, físico e biológico. As principais técnicas empregadas na descoloração de rejeitos são a adsorção, precipitação, degradação química, eletroquímica, fotoquímica, biodegradação, floculação, entre outras (BARCELLOS, et al., 2015). Apesar de alguns sistemas físico-químicos apresentarem grande eficiência na remoção da cor, eles possuem elevado custo. No entanto, alguns estudos comprovam que o tratamento biológico é uma alternativa acessível, mas exige grande extensão de área e certas restrições. Assim, este tipo de tratamento não é apropriado para corantes reativos e corantes ácidos (KNAPP; NEWBY, 1999).

Um dos processos que vem sendo utilizado em grande escala por ser eficiente e econômico é a adsorção. Nesse processo, aplica-se a transferência física de um soluto, num gás ou num líquido, para uma superfície sólida, onde fica retido em consequência das interações com as partículas que constituem o sólido. O soluto adsorvido não se dissolve no sólido, mas permanece em sua superfície ou em seus poros. Essa interação entre o soluto e o adsorvente se dá por meio de ligações físicas, químicas ou físico-químicas (FOUST et al., 2012; SALA et al., 2014). A adsorção física é um processo reversível que ocorre em temperatura inferior e que pode haver a deposição de mais de uma camada na superfície do adsorvente. Na adsorção química ocorre a formação de uma ligação química, através da troca ou compartilhamento de elétrons entre o adsorvente e o adsorvato. Ao contrário da adsorção física, na química o processo é irreversível e o adsorvato é distribuído em monocamadas sobre a superfície do adsorvente (CUNHA, 2014).

Paralelamente, encontram-se os biossorventes, que podem ser de origem microbiana ou ainda através do enriquecimento de resíduos com microrganismos (fungos, bactérias e leveduras). O *Aspergillusniger* é capaz de crescer em diferentes tipos de subprodutos industriais, produzindo grandes quantidades de células, denominadas proteína unicelular ou proteína microbiana, que podem conferir ao adsorvente propriedades especiais de adsorção. Os fungos são amplamente usados em processos de fermentação industrial, o que reforça a importância de sua utilização em processos de biossorção, contribuindo com a diminuição de resíduo biológico gerado nesses processos (FRANCO et. al., 2010).

METODOLOGIA

Preparação das Soluções e Padrões

Para a preparação da curva padrão partiu-se de uma solução estoque de corante RB e RV (DYSTAR, 133% GRAN) na concentração de 1000 mg L^{-1} , na qual foram realizadas diferentes diluições para a obtenção da curva analítica RB (15; 25; 50; 100; 150; 200; 250 e 300 mg L^{-1}) e RV (5; 10; 15; 20; 25; 30 e 40 mg L^{-1}). A leitura das amostras e dos padrões foi realizada em um espectrofotômetro UV/VIS da marca Spectrum®, modelo SP-1105, cujos comprimentos de onda máximo de absorção para o RB e RV foram 597 e 514 nm respectivamente (AL-DEGS et al., 2000). Para o estudo da adsorção a concentração inicial dos corantes empregados foi de 25 mg L^{-1} em diferentes valores de pH (2, 7 e 9) utilizando soluções de HCl e NaOH ($1,0 \text{ mol L}^{-1}$ e $0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e as concentrações residuais dos corantes nas soluções foram avaliadas através da leitura da absorbância e convertida em mg L^{-1} através de sua respectiva curva analítica.

Produção dos Adsorventes Mistos

O fungo filamentoso *Aspergillusniger* foi previamente cultivado por 7 dias a 30°C em 150mL de meio CZ (Agar CzapeckDox), contidos em um frasco de Roux de capacidade de 500 mL. Após o período de incubação, os esporos foram removidos com o auxílio de 50mL de caldo Czapeck sem sacarose e em seguida foi realizada uma avaliação da concentração celular da solução pela contagem de esporos utilizando uma câmara de Neubauer e um microscópio binocular conforme método de contagem (MELLO, 2004). A concentração foi ajustada para de 10^7 esporos mL^{-1} , que foi a concentração utilizada neste estudo.

As cascas de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) utilizadas neste trabalho foram obtidas de lanchonetes do entorno da UFPE, sendo em seguida lavadas com água destilada e trituradas em moinho de facas. A biomassa foi dividida em 6 frascos de Roux com 300g de cascas e esterilizados em autoclave a 121°C por 20 minutos. Com o material estéril foi realizado testes para avaliar o teor de umidade do resíduo nas seguintes condições: 3,0 g de cascas a 100°C por 24h. Após a determinação da umidade, os frascos contendo as cascas estéreis foram divididas para correção da umidade em 60%, utilizando caldo Czapeck sem sacarose com concentração de esporos 10^7 esporos mL^{-1} .

Dessa forma, as cascas de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) foram utilizadas como meio de crescimento para o inóculo do fungo. Após inoculação, os frascos foram incubados a temperatura de 25 a 30°C, sem agitação por 7 dias. Ao findar esse período, a biomassa produzida foi autoclavada a 121°C durante 60 min, lavada com água destilada, filtrada em papel de filtro, e seca por 3 dias em estufa a 60 °C. A biomassa produzida foi dividida em três frações, de maneira que a primeira fração ficou sem tratamento, a segunda foi submetida a um tratamento químico (durante 1h) com ácido clorídrico (HCl) 0,1 mol L⁻¹ e a outra fração com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol L⁻¹. Após o tratamento utilizou-se água destilada, para remoção da solução de tratamento ácida e básica, sendo em seguida filtradas e secas a 60°C. Para as medidas de ajuste do pH, foi utilizado um pHmetro de Bancada de ORP/Temperatura - Modelo HI 2221.

Caracterização dos Adsorventes

O adsorvente empregado nesse trabalho foi caracterizado pelas técnicas: difração de raios-X (DRX) e ponto de carga zero (pH_{PCZ}). As análises foram realizadas no CETENE Departamento de Engenharia Química -Laboratório de microbiologia –UFPE. A determinação do ponto de carga zero, foi realizada colocando-se 0,1 g de adsorvente em contato com água destilada em pH de 1 a 11 sob agitação constante de 140 rpm. Após 24 h o pH foi medido novamente e em seguida construído o gráfico (pH_{final}-pH_{inicial}) vs. pH_{inicial}. O pH_{PCZ} é o valor de pH em que a curva intercepta o eixo do pH_{inicial}. Portanto, quando o pH de soluções for superior ao pH_{PCZ}, a superfície do sólido adsorvente é carregada negativamente e poderá interagir com espécies positivas. Enquanto, que para pH de soluções inferior ao pH_{PCZ}, a superfície do sólido é carregada positivamente e poderá interagir com espécies negativas (FIOL; VILLAESCUSA, 2008).

As análises de difração de raios-X dos materiais foram realizadas no CETENE, no Difractômetro de Raios-X BRUKER (modelo D8 ADVANCE) por meio de uma fonte de radiação de Cu-K α com voltagem de 30 kV e corrente de 30 mA. Os dados foram coletados na faixa de 2 θ de 5° a 80° com passo de 0,05° e passo no tempo de 2,0 s. A difração de raios-X é importante para identificação de compostos cristalinos, pois cada átomo contribui para o espectro de difração obtido, concedendo a verificação de mudanças estruturais que são únicas de cada substância cristalina (LIMA, 2016).

Avaliação do Percentual de Remoção

O estudo da biossorção foi conduzido em batelada com 5g L⁻¹ do adsorvente em contato com 50mL da solução do corante (Remazol Black B ou Remazol Vermelho) com concentração de 25mg L⁻¹ em diferentes valores de pH (2; 7 e 9). O sistema foi mantido a 140rpm, em agitador tipo Shaker durante 24 horas a 30°C. As concentrações residuais dos corantes foram determinadas por espectrofotometria UV/VIS. O percentual de remoção foi calculado usando-se a equação 1.

$$R = \frac{100(C_0 - C_e)}{C_0} \quad (1)$$

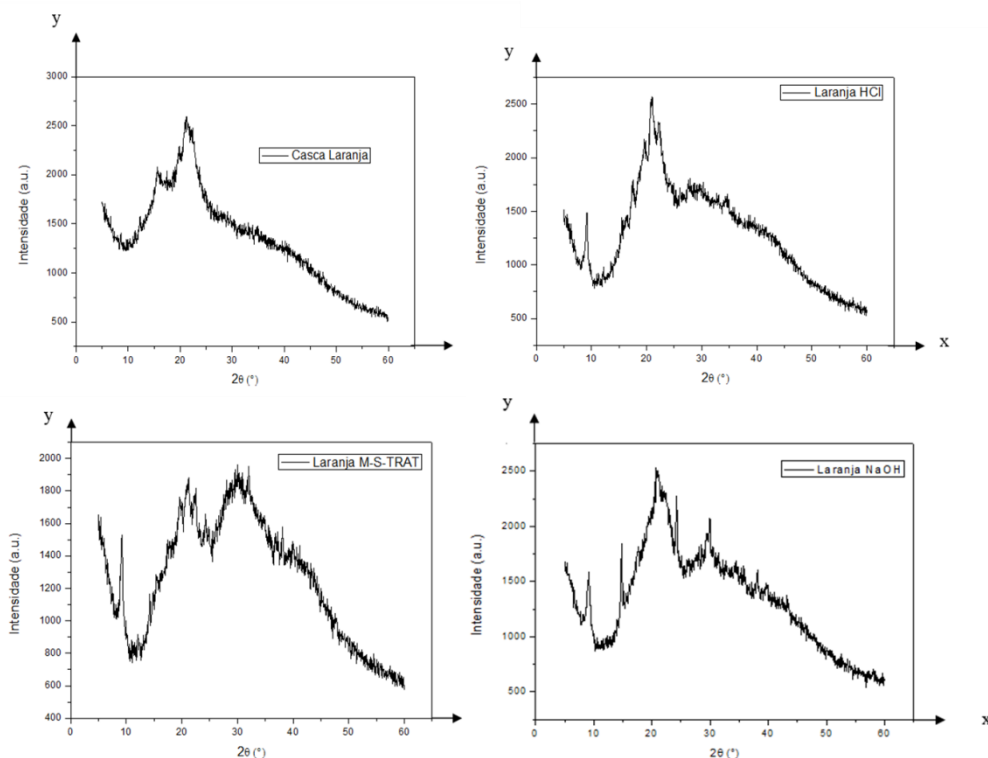
Onde, C₀ é a concentração inicial de corante RB e RV (mg L⁻¹); C_e é a concentração dos corantes no tempo de equilíbrio (mg L⁻¹).

RESULTADOS

Difração de Raios-X

A seguir, estão dispostos, os difratogramas de raios-X para a casca da laranja (CL), para adsorventes com tratamento ácido(MCA), com tratamento básico(MCB) e sem tratamento(MCS) (Figura 1).

Figura 1. MCA- Difrátograma do adsorvente com tratamento ácido; MCB-Difrátograma do biossorvente com tratamento básico; MCS-Difrátograma do biossorvente sem tratamento; CL-Difrátograma do biossorvente Casca de laranja.



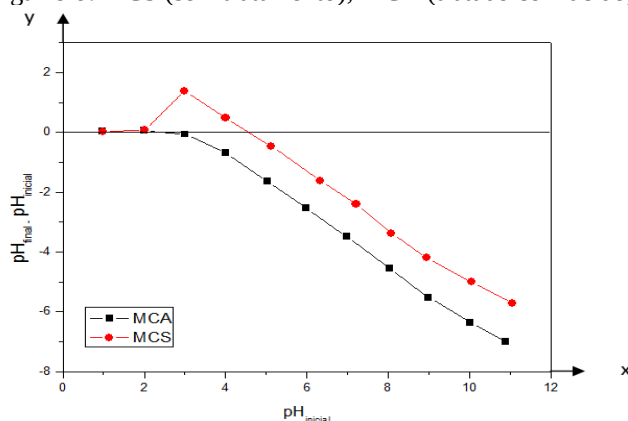
Fonte: Autor (2018).

Essas análises foram realizadas a fim de identificar a presença de estruturas cristalinas das amostras (Figura 1), observou-se a presença de picos na região 10° e 30°, indicando a formação de uma reduzida estrutura cristalina de carbono correspondente às reflexões da estrutura de microcristal tipo grafite (SCHETINO et al., 2007). As Figuras mostram também que os difratogramas são muito semelhantes contendo curvas com picos pouco acentuados, que evidenciam a ocorrência de substâncias orgânicas e no pico mais intenso a presença de substâncias inorgânicas como alumínio, fosfato, potássio, ferro e os óxidos de cálcio, lítio e berílio, típicas de materiais de origem vegetal como a casca de laranja. (MARTINS et al., 2007; PECHYEN et al., 2007).

Determinação do Ponto de Carga Zero

Os pontos de carga zero para o adsorvente antes e após o tratamento ácido, MCS e MCA podem ser observados a seguir (Figura 2). A interseção da curva com o eixo horizontal da escala de pH inicial, ocorreu num valor de pH em aproximadamente 2,5 para o adsorvente tratado com ácido (MCA) e 5,0 para o adsorvente sem tratamento (MCS), conforme Imagem 7, que correspondem ao pH do ponto de carga zero dos adsorventes avaliados. Segundo Ribeiro e colaboradores (2011) quando um material sólido entrar em contato com uma solução líquida com pH abaixo do PCZ, a superfície fica carregada positivamente e um grande número de ânions pode ser adsorvido para balancear essas cargas positivas. O adsorvente neste caso ficará mais eficaz para a remoção de materiais aniônicos. Outros autores também avaliaram o ponto de carga zero de diversos adsorventes e segundo Souza (2009), o PCZ para a casca do coco é de 4,1, portanto, seu uso é de grande interesse ambiental, podendo adsorver corantes têxteis, como o Remazol turquesa e Remazol azul, classificados como corantes aniônicos. Freitas e colaboradores (2015), desenvolveram um estudo sobre PCZ para diferentes resíduos agroindustriais e encontraram para casca de laranja um potencial zeta de 6,73.

Figura 2. Ponto de carga zero: MCS (sem tratamento); MCA (tratado com ácido); $t = 24\text{h}$; 140 rpm.

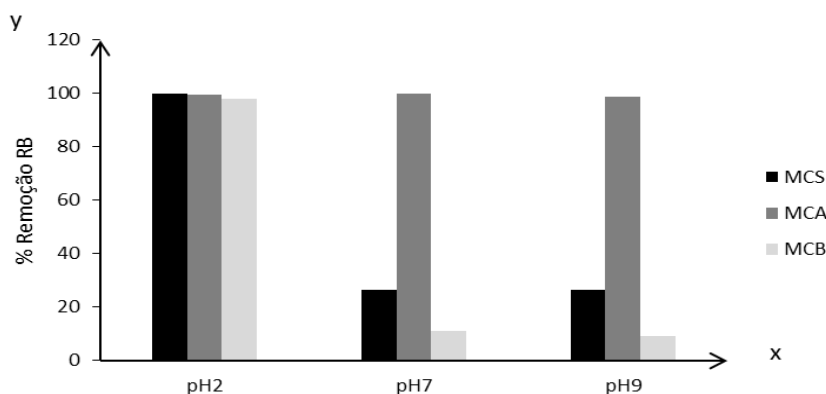


Fonte: Autor(2018).

Avaliação da Capacidade de Adsorção

Os resultados dos percentuais de remoção para os ensaios de adsorção com o corante RB em diferentes pH e com o bioadsorvente misto sem tratamento e com tratamento ácido e básico estão representados a seguir (Figura 3).

Figura 3. Percentual de remoção do RB pelo pH nos adsorventes mistos: MCS (adsorvente sem tratamento); MCA (adsorvente tratamento ácido) e MCB (adsorvente tratamento básico)

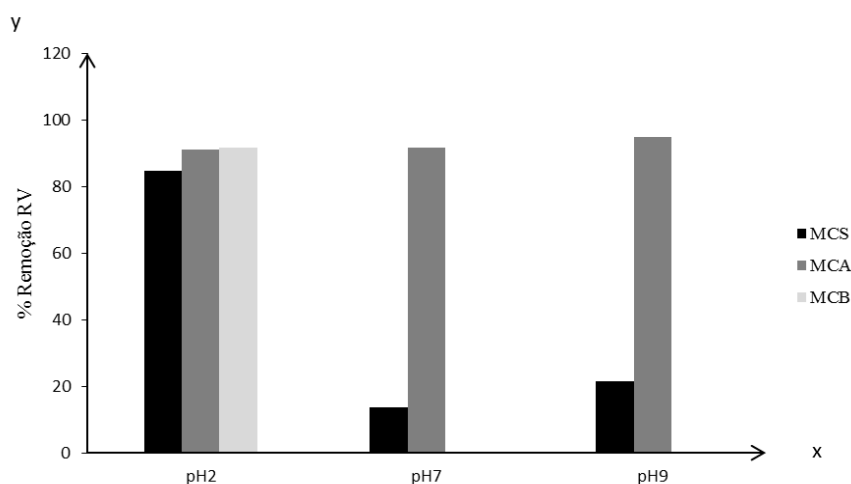


Fonte: Autor(2018).

Após os ensaios, o adsorvente misto tratado com ácido (MCA) removeu de forma mais eficiente o corante Remazol Black (RB), em uma faixa de pH mais ampla, com o desaparecimento da coloração nas soluções. O percentual de adsorção chegou a 100 % para o adsorvente misto sem tratamento (MCS), e para o adsorvente MCA o percentual de remoção foi de 99,81% em pH 7. Embora o adsorvente MCA tenha tido percentual de remoção um pouco inferior ao MCS, o mesmo obteve ótimos resultados em todos os pH estudados, algo extremamente favorável, uma vez que os efluentes reais possuem grande variações de pH. O adsorvente MCA foi tratado com uma solução de ácido clorídrico $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, o que favoreceu o aumento da quantidade de sítios de adsorção devido às interações entre o corante de caráter aniônico e as cargas positivas presentes na superfície do adsorvente.

Os resultados dos percentuais de remoção para os ensaios de adsorção com o corante RV em diferentes pH e com diferentes bioadsorventes, estão representados a seguir (Figura 4). Durante o estudo da capacidade de adsorção para o corante Remazol Vermelho, o adsorvente MCA obteve remoção máxima de 94,85 % em pH 9, ressaltando que o tratamento ácido do bioadsorvente favorece a maior remoção do corante, sendo portanto, um fator de grande importância para o processo de adsorção. No entanto, Para o adsorvente MCB não houve adsorção em pH 7 e 9.

Figura 4. Percentual de remoção do RV em função do pH nos adsorventes MCS (adsorvente sem tratamento); MCA (adsorvente tratamento ácido) e MCB (adsorvente tratamento básico);



Fonte: Autor (2018).

De forma geral, para ambos os corantes, a solução corante em pH 2 foi a que melhor favoreceu a remoção dos corantes têxteis, bem como o tratamento ácido aos adsorventes. A seguir (Figura 5) podemos observar o melhor resultado para remoção do corante Remazol Vermelho. Segundo Cardoso (2011), a acidez do meio afeta a carga na superfície dos adsorventes assim como influencia na ionização de diversos solutos.

Figura 5. Soluções com corante RV antes e após adsorção.



Fonte: Autor(2018).

A superfície dos materiais que foram tratados com ácido torna-se positiva, ou seja, ocorre a formação de grupos protonados e por isso ocorre uma melhor eficiência na adsorção por espécies aniônicas. Isso sugere que a interação com o adsorvente ocorra via grupos protonados do adsorvente com o grupo aniônico do corante (ELIZALDE et al., 2006). Assim, quando ocorre o aumento do pH, há uma diminuição dos sítios protonados na superfície do adsorvente sendo atenuada pelo tratamento básico, acarretando na diminuição da adsorção. Isso mostra que o tratamento básico do adsorvente e o pH do meio neutro podem desfavorecer o processo adsorptivo para os corantes utilizados.

Os resultados deste trabalho estão de acordo com as observações encontradas por MAURYA et al. (2006), FU e VIRARAGHAVAN (2001). Além da neutralização das cargas negativas da superfície da biomassa, aumentando a carga superficial líquida positiva da biomassa fúngica, o tratamento com ácidos provocou a formação de inúmeros poros e reentrâncias fato que favoreceu consideravelmente bioadsorção dos corantes. Estudos realizados por ARAMI et al. (2005) citado por GISI e NORTARNICOLA (2016), mostram que quando se utiliza pH 2 no processo de adsorção, ocorre o aumento da atração eletrostática entre as cargas positivas da superfície do adsorvente e do corante aniônico, aumentando o número de sítios ativos carregados

positivamente. E para o aumento do pH do sistema, o número de sítios carregados com cargas negativas aumenta e o processo de adsorção do corante não é eficiente, pois ocorre repulsão eletrostática entre o adsorvente e o corante aniônico.

Além disso, estudos realizados por STRÖHER (2008), utilizando a casca de laranja como adsorvente para corante ácido, violeta 17, mostraram melhor remoção em pH 6,3. Já ARAMI et al. (2005) apresentou maior eficiência no processo de adsorção em batelada utilizando pH 2 na remoção dos corantes reativos DR23 e DR80.

CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que houve uma remoção de 100% do Remazol Black B e 94,85% para Remazol Vermelho, ambos partindo de uma concentração inicial de 25mg L^{-1} e os maiores percentuais de remoção foram observados com o adsorvente tratado com solução ácida. O adsorvente MCA utilizado, foi capaz de remover corantes têxteis da solução sintética com capacidade adsorviva de $20,77\text{ mg g}^{-1}$ e $19,28\text{ mg g}^{-1}$ para os corantes Remazol Black e Remazol vermelho respectivamente. Com os resultados desse trabalho podemos concluir que o processo de adsorção dos corantes têxteis, Remazol Black e Remazol Vermelho, utilizando adsorvente misto (MCA - casca de laranja e *Aspergillus niger* tratado com solução ácida) pode ser considerado como uma alternativa promissora para a remoção de corantes na indústria têxtil, visto que, é um resíduo agroindustrial abundante e de baixo custo, quando comparado aos adsorventes tradicionais.

REFERÊNCIAS

- AKSU, Z.; TEZER, S. **Equilibrium and Kinetic Modelling of Biosorption of Remazol Black B by *Rhizopus arrhizus* in a batch System: Effect of Temperature**. Process Biochemistry, v. 36, p. 431-439, 2000.
- ABIT - **Indústria têxtil e de confecção brasileira**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.abit.org.br/conteudo/links/cartilha_rtcc/cartilha.pdf>. Acesso em: 3 Ago. 2017.
- AL-DEGS, Y., KHRAISHEH, M. A. M., ALEEN, S. J., & AHMAD, M. N. **Effect of carbon surface chemistry on the removal of reactive dyes from textile effluent**. Water Research, v. 34, n. 3, p. 927-935, 2000.
- ARAMI, M.; LIMAEE, N. Y.; MAHMOODI, N.M.; TABRIZI, N.S. **Removal of dyes from colored textile wastewater by orange peel adsorbent: Equilibrium and kinetic studies**. Journal of Colloid and Interface Science v 288 p 371-376, 2005.
- BARCELLOS, I.O.; LIMA, T.; BLOSFELD, A.M. **Determinação do número de ciclos de reuso do adsorvente cinza de casca de arroz no tratamento de um banho residual de tingimento têxtil**. Eclética Química, vol. 40, p.1-15, 2015.
- BORTOTI, A. A.; ROSA, M. F.; BARICCATTI, R. A.; LOBO, V. S. **Avaliação do processo foto-Fenton na descoloração de um corante têxtil comercial**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 37, n. 1, p. 81-90, 2016.
- BRITO, G. A. Sustentabilidade: um desafio para as lavanderias industriais. Redige, vol. 4. n.2, p. 1 -16, 2013. Disponível em: <<http://www2.cetiqt.senai.br/ead/redige/index.php/redige/article/viewFile/211/251>>. Acesso em: 28 nov. 2017.
- CARDOSO, N.F.; LIMA, E.C.; PINTO, I.S.; AMAVISCA, C.V.; ROYER, B.; PINTO, R.B.; ALENCAR, W. S.; PEREIRA, S.F.P. **Application of cupuassu shell as biosorbent for the removal of textile dyes from aqueous solution**. Journal of Environmental Management, v.92, p. 1237-1247, 2011.
- CERQUEIRA, A. A.; **Aplicação da técnica de eletrofloculação no tratamento de efluentes têxteis**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, UFRJ, 2006.

- CLEMENTINO, M. do L. M. **A Evolução da Indústria Têxtil no Contexto da Afirmação do Imperialismo Americano**. Colóquio internacional de geocrítica, Bogotá, 2012.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº357 de 17 de Março de 2005. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 20 de Nov. de 2017.
- CHAVES, T. F. **Uma Análise Dos Principais Impactos Ambientais Verificados No Estado De Santa Catarina**. Gestão e Sustentabilidade ambiental, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 611-634, 2017.
- CUNHA, F. S.; AGUIAR, A. P. **Métodos para Remoção de Derivados Fenólicos de Efluentes Aquosos**. Revista Virtual de Química, v. 6, p. 844-865, 2014. Disponível em: <<http://rvq.sbq.org.br/default.asp?ed=18>> Acesso em: 20 de Nov. de 2017.
- CRUZ, I. J.; MARQUES, L. M.; SOUZA, K. C.; LIMA, V. F.; MARQUES, O.M.; NASCIMENTO, A. J. **Remoção do corante Remazol Black B pelo uso da biomassa mista de *Aspergillusniger* e capim elefante (*Pennisetumpurpureumschum*)**. Engevista, V. 18, n. 2, p. 265-279, 2016.
- DELLAMATRICE, P. M. **Biodegradação e Toxicidade de Efluentes Têxteis e Efluentes da Estação de Tratamento de Águas Residuárias de Americana- SP**. Tese de Doutorado. Piracicaba, SP: ESALQ-USP, 2005.
- ELIZALDE, G.M.P.; GEYER, W.; GUEVARA, V. R.G.; MATTUSCH, J.; PELÁEZ, C. A.A.; WENNRICH, R. **Characterization of an adsorbent prepared from maize waste and adsorption oh tree classes of textile dyes**. Colloids and Surfaces, v. 278, p. 89 – 97, 2006.
- FIOL, N.; VILLAESCUSA, I. **Determination of sorbente point zero charge: usefulness in sorption studies**. Environmental Chemistry Letters, v. 7, p. 79-84, 2008.
- FOUST, Alan S. et al. **Princípio das operações unitárias**. 2. ed. Tradução: Horacio Macedo. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- FRANCO, M.; SANTOS, T.C.; GOMES, P.P.; ABREU FILHO, G.; **Enriquecimento protéico dos resíduos sólidos do processamento de frutas; Enciclopédia Biosfera**. Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.11; 2010
- FREITAS, F. B.; CÂMARA, M.Y.; MARTINS, D. F. **Determinação do PCZ de adsorventes naturais utilizados na remoção de contaminantes em soluções aquosas**. Bucher Chemistry Proceedings, v.3, n.1, 2015.
- FU, Y.; VIRARAGHAVAN, T.; **Removal of Acid Blue 29 from an aqueous solution by *Aspergillusniger***. American Association of Textile Chemists and Colorists, v. 1, p.36 e 40, 2001b.
- FUJITA, R.M. L.; JORENTE, M. J.; **A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural**. Revista Moda Palavra e-Periódico, v.8, n.15, 2015.
- GARCIA, É. N. A.; MORENO, D. A. A. C.; FERNANDES, A. L. V.; **A Importância da Preservação e Conservação das Águas Superficiais e Subterrâneas: Um Panorama Sobre a Escassez da Água no Brasil**. XI Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 11, n. 6, pp. 235-249, 2015.
- GISI, S.; LOFRANO, G.; GRASSI, M.; NORTANICOLA, M. **Characteristics and adsorption capacities of low-cost sorbents for wastewater treatment: A review**. Sustainable Materials and Technologies, Italy, v.9, p.10-40, 2016.
- KNAPP, J. S.; NEWBY, P. S. **The Decolourisation of a Chemical Industry Effluent by White Rot Fungi**. Water Research, v. 33, n. 2, p. 575-577, 1999.
- LIMA, J. C. D. **Carvão preparado a partir de bagaço de cana-de-açúcar: uso na produção de isossorbida a partir do sorbitol**. Dissertação de Mestrado. Recife, UFPE, 2016.
- LOPES, C. S. D. **Análise ambiental da fase de acabamento do jeans**. InterfacEHS, São Paulo, v. 6, n. 3, 2011.

- LORENA, E. M. G.; PAZ, Y. M.; HOLANDA, R. M.; ARAÚJO, V. D. **Análise Da Gestão Ambiental Das Lavanderias Têxteis De Caruaru-PE.** IV Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos - Resíduos Sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias. Epersol, Recife, UFRPE, 2017. ISBN: 978-85-7946-285-6
- MAGDALENA, C. P., **Adsorção de corante reativo Remazol Vermelho RB de solução aquosa usando Zeólita de cinzas de carvão**, p 23, São Paulo, 2010.
- MARTINS, A. F.; CARDOSO, A. L.; STAHL, J. A.; DINIZ, J. **Low temperature conversion of rice husks, eucalyptus sawdust and peach stones for the production of carbon-like adsorbent.** Bioresource technology, v. 98, p. 1095-1100, 2007.
- MAURYA, N.S.; MITTAL, A. K.; CORNEL, P.; ROTHER, E. **Biosorption of dyes using dead macro fungi: effect of dye structure, ionic strength and pH.** Bioresourcetchnology, v. 97, p. 512-521, 2006.
- MELLO, G. **Manual de microbiologia.** São Paulo: Elanco, 2004
- PECHYEN, C.; ATONG, D.; AHT, O.D.; SRICHAROENCHAikul, V. **Investigation of pyrolyzed chars from physic nut wast for the preparation of activated carbon.** Journal of solid mechanics and materials engineering, v.1, p. 498-507, 2007.
- PEIXOTO F.; MARINHO G.; RODRIGUES, E. K.; **CorantesTêxteis: Uma Revisão.** Holos, V. 5, 2013.
- PERNAMBUCO. **Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos.** Norma Técnica: Controle de Carga Orgânica em Efluentes Líquidos Industriais n. 2.001 de 03 de Novembro de 2005. Recife: CPRH, 2005.
- PINHEIRO, F.C.; COELHO, A.C.D.; SILVA FILHO, C. A. **Avaliação Da Implementação Da Produção Mais Limpa Numa Microempresa De Tecelagem.** IV Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos - Resíduos Sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias. Eperso, Recife, UFRPE, 2017. ISBN: 978-85-7946-285-6
- RESENDE, L. P.; **Reuso na indústria têxtil e lavanderias.** Hydro, São Paulo, v.6, n. 66, p. 14-19, abr. 2012.
- RIBEIRO, G. A. C.; SANTANA, S. A. A.; BEZERRA, C. W. B.; SILVA, H. A. S.; VIEIRA, A. P. **Casca de arroz in natura e tratada Com Ácido Nítrico Como Adsorventes Para Remoção Do Corante Têxtil Violeta Brilhante Remazol.** Congresso Brasileiro de Química, 51, São Luís, 2011.
- RIBEIRO, M.C.B.; ALBUQUERQUE, E.C.; ALENCAR, B.S.; **Resíduos Sólidos Gerados Em Uma Lavanderia De Beneficiamento De Jeans Em Toritama-PE; Diagnóstico e Destinação.** IV Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos - Epersol, Recife, UFRPE, 2018.
- ROCHA, O.R. S.; NASCIMENTO, G. E.; CAMPOS, N.F.; SILVA, V. L.; DUARTE, M. M. M. B. **Avaliação do Processo Adsorativo Utilizando Mesocarpo de Coco Verde Para Remoção do Corante Cinza Reativo Bf-2r.** Quim. Nova, Vol. 35, No. 7, 1369-1374, 2012.
- SALA, L.; FIGUEIRA, F. S.; CERVEIRA, G. P.; MORAES, C. C.; KALIL, S. J. **Separation Processes: Kinetics and adsorption isotherm of C-phycocyanin from Spirulina platensis on ion-exchange resins.** Brazilian Journal of Chemical Engineering, v.31 n.4 São Paulo, 2014.
- SAWYER C. N.; MCCARTY P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for Environmental Engineering and Science** – 5a edition - International Editions; McGraw - Hill Higher Education, Boston (USA), 2004.
- SEBRAE- PE, **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.** Recife-PE, 2015.
- SCHETINO JÚNIOR, M. A.; FREITASK, J. C. C.; CUNHA, A. G.; EMMERICH, F. G. **Preparação e caracterização de carvão ativado quimicamente a partir da casca de arroz.** Química nova, São Paulo, v. 30, p. 1663-1668, 2007.

SILVA, L. C. **Estudo da remoção e degradação dos corantes Remazol Black B e RemazolRed RB133%, e do fármaco Ganciclovir com aplicação de processos oxidativos avançados.** Tese de Doutorado. Recife, PE: UFPE, 2009.

SILVA, M. C.; OLIVEIRA, R. C.; LIRA, H. L.; DE FREITAS, N. L. **Obtenção de membrana cerâmica para tratamento de efluente da indústria têxtil.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, V. 9, n. 2, 2014.

STRÖHER, A. P. **Tratamento por adsorção em bagaço de laranja de um efluente da indústria têxtil.** 2010. 80f. Dissertação (Mestre em Engenharia Química). Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, 2010.

TAVARES, M.; ARNT, R. **Velha, azul, desbotada e poluente.** Revista Planeta, ano 39, v 462, p. 32 – 42, 2011.

VAGHETTI, J.C.P. **Utilização de Biossorventes para Remediação de Efluentes Aquosos Contaminados com Íons Metálicos.** Tese de Doutorado, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2009.

ZANONI, M. V.B.; CARNEIRO, P. A. **O descarte dos corantes têxteis.** Ciência Hoje. São Paulo, p.61, 2001.

3.5. PROPOSTAS DE DESTINAÇÃO FINAL DE LODO PROVENIENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

MEDEIROS, Uedja Tatyane G. M.
Instituição Federal de Pernambuco (IFPE)
tatyanequimeiros@hotmail.com

COSTA, Amanda Tenório
Observatório de Impactos Ambientais e Saúde do Centro Universitário Tiradentes
amandatdcosta@gmail.com

JUNKES, Janaina Accordi
Tecnologias e Políticas Públicas
janajunkes@hotmail.com

RESUMO

As Estações de Tratamento de Água (ETA) que operam em ciclo completo, produzem resíduo sólido conhecido como lodo, sendo este possível causador de impactos ambientais negativos se não realizada a destinação final ambientalmente adequada. Um exemplo de descarte irregular do lodo de ETA é o lançamento em recursos hídricos, ocasionando impactos ambientais significativos e levando órgãos ambientais a requererem das operadoras de saneamento a implantação de outras alternativas de disposição final ambientalmente adequada desse resíduo. Seu potencial poluidor e contaminante depende, principalmente, das características da água bruta, dos produtos químicos utilizados no tratamento (coagulantes) e das reações ocorridas no processo. O presente estudo tem por objetivo analisar alternativas de destinação final do lodo, sendo estas: aplicação controlada no solo, compostagem, fabricação de material cerâmico, lançamento em sistema de tratamento de esgoto e aterro sanitário. A pesquisa foi desenvolvida de forma qualitativa e quantitativa, por meio de reunião sistemática de dados contidos em livros, artigos, e publicações dos últimos anos, os quais, foram possíveis concluir que as opções estudadas possuem particularidades ao serem aplicadas, pontos positivos e negativos, devendo ser adequadas a cada especificidade de lodo, resultando em diversas opções ambientalmente favoráveis para solução do problema.

PALAVRAS-CHAVE: Impacto ambiental, gestão ambiental, resíduo sólido.

INTRODUÇÃO

O tratamento de água é um dos serviços oferecidos pelas companhias de saneamento, presente em todos os estados brasileiros, proporciona água potável de boa qualidade dentro dos padrões estabelecidos por legislação à população. Se não planejado e gerenciado corretamente, este serviço ocasiona risco de impacto ao meio ambiente, por gerar resíduo sólido com relevante concentração de produtos químicos, denominado de lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA).

Grandes partes das ETA's brasileiras operam de forma convencional, também conhecida como ciclo completo, em função do elevado índice de turbidez e cor da água bruta. Segundo Achon (2013), são cerca de 7.500 unidades de ETA's distribuídas no território brasileiro, estas estações conferem ao processo de tratamento a seguinte sequência: coagulação, floculação, sedimentação, filtração, desinfecção, correção do pH e adição de flúor, como produto deste processo, há potabilização da água e geração de resíduo sólido (lodo), o qual é produzido nas etapas de decantação/sedimentação e filtração.

O lodo proveniente de ETA vem sendo disposto sem nenhum tipo de tratamento em corpos d'água e em solos, causando problemas ambientais. Prática esta que vem sendo questionada por ambientalistas e por órgãos ambientais, pelos possíveis riscos à saúde pública e dos recursos naturais e pelo não atendimento a legislação brasileira. No Brasil, a maioria das ETA's não foram planejadas de forma a promover a disposição e/ou tratamento dos resíduos de forma adequada e há uma grande dificuldade para realizar a limpeza dos decantadores, a qual muitas vezes, é realizada manualmente por funcionários (KLOC E LAIRD, 2017).

No estado de Pernambuco são contabilizados 9 sistemas de estações de tratamento, sendo elas: Sistema Pirapama, Tapacurá, Jangadinha, Várzea Uma, Botafogo, Alto do Céu, Caixa d'água, Gurjaú e Suape, distribuídos nos municípios operados pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), todos esses sistemas reunidos produzem aproximadamente 12.813 m³/dia de água tratada, gerando quantidade relevante de lodo.

No sistema Pirapama, localizado na cidade de Cabo de Santo Agostinho, abastecendo as cidades de Recife, Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes e indiretamente as cidades de São Lourenço da Mata e Camaragibe, são potabilizados 5,13m³ de água por segundo (COMPESA, 2017). A quantidade de lodo produzido em uma ETA depende da qualidade físico-química da água bruta, dos coagulantes e produtos utilizados durante o processo de tratamento, sendo o volume do lodo diretamente proporcional à dosagem do coagulante, podendo variar de 0,2 a 5% do volume de água tratada pela estação (HOPPEN, 2006).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), em sua NBR 10004, o lodo é classificado como resíduo sólido, classe II não perigoso, necessitando estudo de disposição final adequado, sendo proibido seu descarte sem tratamento prévio. A preocupação com o descarte correto do lodo de ETA teve início na década de 90, com o surgimento da Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) estabelecida pela Lei nº 9.433 de 1997 e com a Lei de Crimes Ambientais nº 9.605 de 1997, em que é considerado crime ambiental o lançamento de lodo proveniente de ETA *in natura* (SILVEIRA, 2012). O crescimento populacional aumenta a necessidade do consumo de um recurso ambiental de múltiplas funções, a água potável. Em paralelo, cresce a necessidade de gerenciamento do resíduo produzido em seu tratamento e com as formas de disposição ambientalmente correta do mesmo.

Os impactos ecológicos não eram considerados nas sociedades primitivas, pois a produção de resíduos era pequena e a assimilação ambiental era grande, com o crescimento tecnológico foi-se começando a surgir as preocupações em relação à sustentabilidade. Para o desenvolvimento sustentável, existe a necessidade de produzir a maior quantidade de bens com a menor quantidade de recursos naturais e a menor poluição, ou seja, o desenvolvimento econômico será desvinculado da geração de impactos ambientais. (BRASILEIRO; MATOS, 2015)

Na maior parte dos casos, não é incluído na fase de projeto as formas de destino do resíduo gerado, que termina sendo gerenciado de forma precária e emergencial pelos operadores, com elevados custos financeiros e ambientais, colocando em risco, em alguns casos, a qualidade e os benefícios de todo o sistema de coleta da água. Sendo assim, a escolha do destino final do lodo é de grande relevância e complexidade, visto que ultrapassa os limites das estações de tratamento e demanda integração com diversos setores da sociedade civil (ANDREOLI, 2001).

Os usos benéficos de maior potencial de utilização para os municípios são: aplicação controlada no solo, compostagem, fabricação de material cerâmico, lançamento em sistema de tratamento de esgoto e aterro sanitário. Este estudo busca analisar alternativas de destinação final para o resíduo lodo, proveniente da clarificação da água para abastecimento, formas estas que visam proporcionar um bom gerenciamento de resíduo sólido evitando possíveis impactos ambientais por meio de descartes inapropriados, soluções economicamente viáveis e ambientalmente vantajosas.

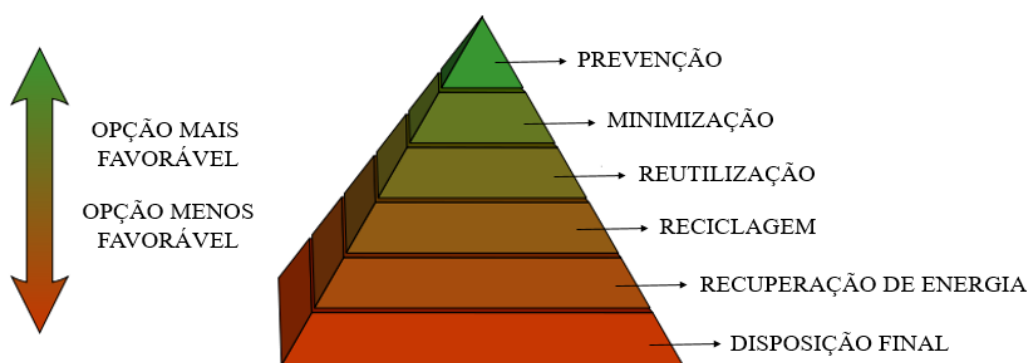
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Formas de destinação final de lodo de ETA

A procura por soluções economicamente exequível e ambientalmente vantajosas para a disposição final de lodo de ETA continua sendo um desafio em vários estados, onde a temática e estudos sobre o assunto são incipientes. Como passo inicial, deve ser feita a caracterização do lodo, permitindo posteriores avanços, também é importante a realização de uma pesquisa de mercado, na qual possa ser identificados clientes em potencial, os quais possam utilizar o lodo como insumo no processo produtivo e a aceitação do produto final por fabricantes e pelos consumidores. As legislações ambientais pertinentes devem ser consideradas a cada tipo de destinação final desejada.

O Plano de Gerenciamento de resíduo da ETA deve levar em consideração formas variadas para o tratamento e destinação final do lodo, incluindo ao processo decisório os aspectos econômicos, técnicos, ambientais e sociais de cada um e que preferencialmente obedeça a ordem de priorização de gerenciamento de resíduos sólidos (Figura 1).

Figura 1 – Pirâmide de priorização do gerenciamento dos resíduos sólidos.



A gestão de gerenciamento de resíduos sólidos, prevista na Lei Federal nº 12.305 de 02 de Agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Art. 9º (BRASIL, 2010), devem ser observada a seguinte ordem de prioridade: 1º não geração, improvável quando aplicado ao lodo de ETA, pois o processo de captação não exclui a presença de sólidos presente na água, 2º redução, que poderia ser obtido através da preservação do corpo hídrico, mata ciliar, amenizando assoreamento, logo, diminuindo a quantidade de sólidos suspensos e dissolvidos na água, 3º reutilização, como na adição do lodo em solo para compostagem, 4º reciclagem, como na substituição do lodo por argila para fabricação de material

cerâmico, 5º tratamento dos resíduos sólidos que não se aplica para recuperação e 6º disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, opção menos favorável por não aproveitar o potencial do resíduo, depositando-o em aterros sanitários. Com a ordem de prioridade, existe maior ordenamento em termos organizacionais para decidir quais as prioridades de destinação do resíduo. Otimizando o gerenciamento, há menor chance de o resíduo ser destinado a aterros sanitários que representam a última opção da ordem de gerenciamento dos resíduos sólidos.

À frente da necessidade de se preservar recursos naturais, ao se destinar corretamente os resíduos sólidos resultantes do tratamento de água, os quais, na maioria das vezes são despejados em corpos hídricos e em solo sem nenhum tipo de tratamento adequado pelas companhias de saneamento, emerge o desafio de obter formas economicamente viáveis e ecologicamente seguras para destinação final, reintegrando um resíduo visto anteriormente como produto sem valor agregado, incluindo-o em novos processos produtivos. Segundo Sevaio (2016), os resíduos sólidos são classificados de diferentes maneiras, e é importante saber a classificação do resíduo para poder encontrar a melhor destinação final.

Destinações adequadas de lodos de ETA estão sendo tratadas como oportunidades de aumentar a receita das companhias, quando realizado o reaproveitamento ou reciclagem, diminuição de custos com destinação a aterros e redução de impactos ambientais. Com aumento das cobranças previstas em Leis, cada vez mais restritivas, aumento das dosagens de produtos químicos por conta da crescente poluição dos corpos hídricos, despertou-se o interesse de pesquisadores e técnicos da área a buscar soluções e inovações economicamente viáveis para a disposição final do lodo. Dentre as várias soluções de disposição o presente estudo analisa: aplicação controlada no solo, compostagem, fabricação de material cerâmico, lançamento em sistema de tratamento de esgoto e aterro sanitário.

Aplicação controlada no solo

A aplicação de lodo de ETA controlada no solo é umas das alternativas de destinação ambientalmente benéfica, não interferindo negativamente no crescimento de espécies vegetais e plantas. O lodo é um resíduo abundante em matéria orgânica, argilas, alumínio e ferro que naturalmente são encontrados em solos. A disposição deve ser controlada devido ao teor de alumínio do resíduo, pois este elemento em altas concentrações pode interferir e reduzir o fósforo do solo, sendo tóxico a uma diversidade de plantas a serem cultivadas.

Segundo Botero et al. (2009), há uma melhoria significativa da qualidade do solo quando é feita a aplicação conjunta de lodo de ETA com lodo de Estação de Tratamento de Efluente (ETE), esta técnica favorece a dinâmica do nitrogênio e eleva a quantidade de determinados nutrientes favoráveis ao solo. De acordo com Bueno (2011), é de extrema importância que sejam seguidas as recomendações para a aplicação do lodo (Resolução CONAMA nº 375, 2006), e que sempre se realize a correção da acidez do solo para o controle da disponibilidade de metais pesados presentes em sua composição química. Espera-se uma melhora em relação à adubação convencional devido a adição de carbono orgânico e dos macros e micronutrientes presentes no nesse resíduo (BUENO, 2010).

Para Gonçalves et al. (2016), uma possibilidade de aplicação do lodo de ETA em solo pode beneficiar o coeficiente de permeabilidade e com isso ser utilizado em aterros, visto que essa aplicação pode gerar barreiras impermeabilizantes. A impermeabilização da fundação e das laterais do aterro sanitário tem a função de proteger e impedir a percolação do chorume para o subsolo e aquíferos existentes (ELK, 2007). Usualmente esse processo é feito utilizando argila compactada ou geomembranas sintéticas (GONÇALVES et al., 2016).

Compostagem

A compostagem surge como uma alternativa viável e eficiente de se reciclar os resíduos sólidos orgânicos. Consiste no processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal. Seu produto final é um composto orgânico e pode ser

aplicado ao solo para melhorar suas características físicas, químicas e biológicas (SANTOS et al., 2015). Segundo Lima (2018), a reciclagem dos resíduos orgânicos ocorre através da ação dos microorganismos presentes nos mesmos, os quais são responsáveis pela decomposição ou até mesmo a estabilização biológica da matéria orgânica, transformando estes resíduos em fertilizante natural, pois disponibiliza macro e micronutrientes ao solo, o que auxilia no desenvolvimento das plantas de forma geral.

Para Santos Filho et al. (2017), o produto resultante da compostagem pode ser aplicado ao solo, favorecendo o plantio agrícola, de trado doméstico e de plantações que necessitem alguma melhoria. Além disso, não irá ocasionar riscos ao meio ambiente. Segundo Pires e Ferrão (2017), a compostagem é uma alternativa que possui benefício no aspecto social e ambiental, contribuindo para a gestão de resíduos sólidos brasileiro, pois destina os resíduos sólidos de maneira a beneficiar a reciclagem sobre o mero aterramento destes resíduos.

A alternativa do lodo ser compostado em conjunto com sobras de resíduos vegetais em sistemas de leiras, tem conferido benefícios como: ajuste de umidade e pH, aumento no fornecimento de minerais, entre outras melhorias. Segundo Silva e Fernandes (1998), a inclusão do lodo de ETA na compostagem não prejudica a atividade do composto, contendo níveis de alumínio na mistura abaixo do padrão máximo para uso agrícola, viabilizando assim seu uso e mostrando um excelente desempenho quando agregado com outros compostos.

Fabricação de material cerâmico

O lodo, em sua maioria é constituído por silte, areia, coagulantes e matéria orgânica, desenvolvendo elevada plasticidade pela presença de argilominerais, sendo um bom substituto para argilas plásticas utilizadas em cerâmicas vermelhas (JUNKES, 2011). Segundo Rodrigues e Holanda (2015), o lodo de ETA é essencialmente composto de Al_2O_3 , SiO_2 e Fe_2O_3 , cerca de 71%. O mesmo possui características físico-químicas similares das argilas utilizadas para fabricação de cerâmica, identificadas pelos métodos de difratometria de raios X e fluorescência de raios X, os quais indicam a composição química do resíduo e as fases cristalinas do material.

Um setor que apresenta enorme potencial para contribuir na solução de problemas ambientais originários nos mais diversos processos industriais é o da cerâmica vermelha. O lodo desenvolve elevada plasticidade pela presença de argilominerais e matéria orgânica presentes em sua composição, sendo um bom substituto para argilas plásticas utilizadas em cerâmicas vermelhas (LIMA, 2016). Há diversas pesquisas que abordam a incorporação de lodo de ETA em determinadas porcentagens em materiais de construção civil diversos.

Um fator de importância para a incorporação no processo é a umidade do lodo a ser utilizado, dá-se preferência ao lodo com teor de sólidos superior a 20%, a distribuição de granulometria do lodo deve ser similar a da argila, para uma melhor aplicabilidade (ANDRADE, 2005). Estudos recentes (JUNKES et al., 2012. RODRIGUES E HOLANDA, 2013), demonstram viabilidade técnica, econômica e ambiental para a substituição da argila pelo lodo de ETA sem comprometimento às características técnicas do produto final, estas características são avaliadas pelos testes de retração linear, absorção de água e ruptura a flexão, todos realizados no material final na cerâmica já processada e queimada. A substituição deste tipo de resíduo por argila pode chegar em até 40% sem comprometer as propriedades dos materiais cerâmicos não estruturais, que possuem finalidade decorativa, como revestimento de parede (tijolo falso, listelo), também podendo ser substituído parcialmente em até 1,25% em peso de solo na fabricação de tijolo solo-cimento. Ainda no tijolo solo-cimento, segundo Khan (2017), o lodo também pode ser substituído em até 10% no solo. Esta prática pode ser considerada como método de redução de impacto ambiental, enriquecendo as alternativas das indústrias cerâmicas e preservando o meio ambiente.

Além disso, a cerâmica vermelha está inclusa nos materiais do setor da construção civil, em que, segundo Motta et al. (2014), está entre os setores que mais consomem recursos naturais e degradam o meio ambiente, estimando-se que em torno de 20 a 50% do total de recursos naturais utilizados pela sociedade são extraídos pelo setor da construção civil, o que torna extremamente

necessário a confecção de novos materiais recicláveis para esse setor, dessa forma o consumo de recursos naturais diminuiria.

Lançamento em sistema de tratamento de esgoto

O lodo de ETA possui características diferentes de esgoto doméstico, sua adição ao sistema pode ocasionar comprometimento do bom funcionamento da ETE e ainda pode ser detectado algum nível de toxicidade no mesmo, podendo impactar negativamente a qualidade do corpo d'água receptor do efluente líquido tratado. Os requisitos cobrados pelas concessionárias para inserção de lodo de ETA em ETE é a equalização do volume que será disposto, ajuste de pH e sólidos totais, metais pesados, sulfetos e sulfatos de acordo com os limites para recebimento de efluentes não domésticos em sistema de esgoto (TSUTIYA, 2001). Segundo Reis (2006), é uma opção que gera custos adicionais na operação das ETE's, pois as mesmas devem ser preparadas para receber maior volume de lodo a ser processado, os custos de transporte e despejo final, também contabilizados. É uma técnica usual quando as estações de tratamento de água já não possuem espaços disponíveis para tratamento do lodo. É viável se a rede da ETE possuir uma declividade que facilite o carregamento dos sólidos presentes no lodo e estiver operando com folga operacional para incorporar sem prejuízos a vazão adicional do lançamento.

Algumas vantagens são observadas, lodos ricos em ferro e alumínio, inseridos em descargas menores que 200mg/L promovem a remoção de fosforo e aumento da eficiência dos decantadores primários. Como desvantagem, observa-se aumento da sedimentação de lodo nos decantadores primários e inibição ou retardo do processo biológico das bactérias presente no efluente, devido ao aumento de concentração de sólidos dissolvidos advindos do lodo de ETA e aumento de alguns parâmetros como Demanda Química de Oxigênio (DQO), turbidez, Sólidos Suspensos Totais (TSUTIYA, 2001).

Disposição em aterro sanitário

Para disposição em aterro sanitário é necessário que sua classificação não seja a de resíduo perigoso, que de acordo com a norma NBR 10004 (ABNT, 2004), são resíduos que não possuem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Deve-se também garantir que não existam líquidos livres, evitando assim contaminação de solo e água por percolação. O tratamento deste resíduo resume-se a segregação de sólido-líquido, por meio de clarificação, adensamento e desidratação, resultando na redução de volume ocupado, obtendo maior teor de sólidos, dessa forma pode-se dispor a fração sólida em aterros e reutilizar ou dispor a água removida de forma adequada (SILVEIRA, 2012).

Apesar do descarte de lodo de ETA em aterro sanitário ser uma alternativa viável e a mais utilizada pelas companhias de saneamento, este método trata o resíduo, com potencial para reaproveitamento, como rejeito, entrando em desacordo com a PNRS (BRASIL, 2010), na qual diz que rejeitos são resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Segundo Hoppen (2006), a presença de alguns compostos químicos, especificamente, íons metálicos, utilizados no processo de coagulação da água, pode oferecer resistência para os aterros que não recebem materiais sólidos, tornando esta operação limitada. Ademais, pela grande quantidade de disposição de lodo de ETA produzido, promovem redução da capacidade do aterro, tal como aumenta a necessidade do monitoramento de água subterrânea da região e de água de lixiviação (SILVEIRA et al., 2013).

METODOLOGIA

A metodologia adotada baseou-se em uma abordagem quanti-qualitativa, estruturada em duas fases distintas e consecutivas, sendo a primeira, realização de levantamento de dados secundários, pesquisa bibliográfica, utilizando como referência bases de dados de periódicos,

artigos, livros, revistas, sites oficiais, como também Leis e Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), utilizando como descritores: lodo de estação de tratamento de água, tratamento de lodo, destinação final de resíduo de ETA. As pesquisas às bases de dados foram realizadas no mês de abril de 2018. A segunda etapa consistiu na triagem e compilação dos dados encontrados e selecionado os que podem ser aplicados a realidade do lodo do estado de Pernambuco. Para tal, estabeleceu-se indicadores com vistas a avaliar e qualificar as publicações científicas que abordam o tema.

O presente estudo pretende analisar alternativas de destinação final para o lodo e dessa forma proporcionar sugestão de mudanças na realidade do gerenciamento do resíduo de ETA, a partir do momento que foi realizado levantamentos de dados concretos que poderão subsidiar outros estudos e contribuir para fins práticos na questão da destinação correta dos resíduos sólidos, amparar alterações necessárias nas legislações vigentes, para real execução da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A grande maioria das ETA brasileiras ainda lançam o lodo nos corpos d'água sem tratamento, gerando um ciclo vicioso e contraditório, no qual os rios são provedores de água para as ETA e também são receptores dos resíduos gerados por ela (OLIVEIRA E RONDON, 2016). O lançamento de lodo de ETA nos corpos d'água eleva a concentração de sólidos suspensos, consequentemente, aumenta a turbidez e diminui o teor de transparência de água.

A presença de turbidez em água bruta altera as condições de iluminação e alcance de radiação luminosa, influenciando negativamente na fotossíntese, no desenvolvimento de plantas aquáticas e de plânctons, ocasionando também redução na camada eutrófica, sombreamento da macrófitas, soterramento de bentos e hiperplasia das brânquias dos peixes (VIEIRA, 2015).

Este método de disposição tem sido restringido e proibido pelos órgãos responsáveis. Com isso, torna-se necessário uma mudança de gestão dos resíduos por parte das concessionárias de tratamento de água. Existem inúmeras alternativas ambientalmente corretas para a destinação do lodo de ETA. A primeira alternativa na priorização do gerenciamento dos resíduos sólidos é a não geração que como abordado, é improvável, visto que o lodo é proveniente do processo de tratamento da água bruta.

No entanto, existem tecnologias para a redução de lodo produzido nas ETA, mediante remoção de água livre e nos interstícios dos sólidos, podendo ser classificadas como: Sistemas Mecânicos (centrífugas, filtros-prensa, prensa desaguadora, filtros a vácuo) e Sistemas Naturais (lagoas de lodo e os leitos de secagem) (ACHON et al., 2008). Tais opções requerem alto custo de investimento ou grandes áreas para a sua implementação. Com base nessa informação, trabalhou-se com as possibilidades de reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final, todas aplicáveis a realidade da produção de lodo no estado de Pernambuco.

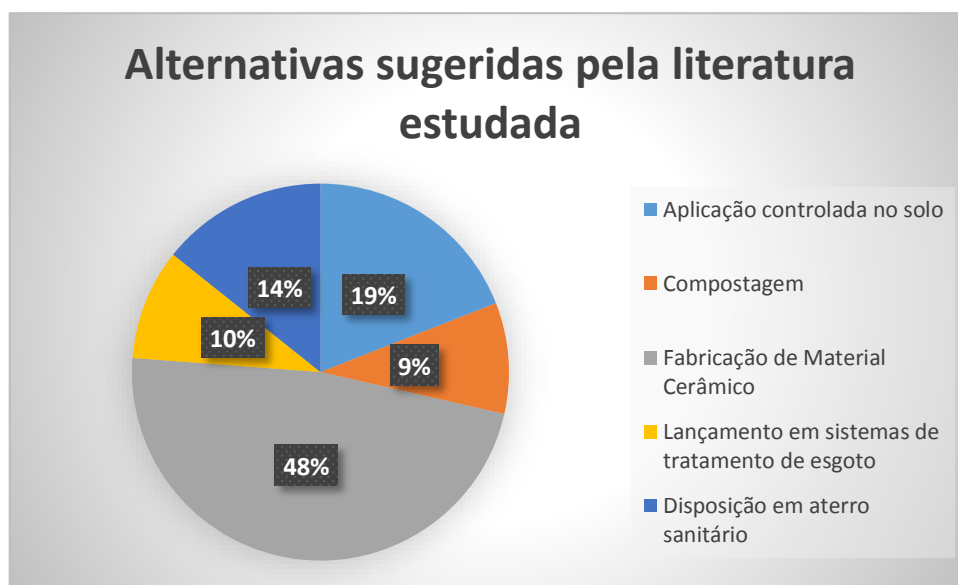
A aplicação controlada no solo é uma ótima opção por ter no solo, elementos presentes no lodo, porém deve-se controlar o teor de alumínio. Com a compostagem há o ajuste do pH, aumento e no fornecimento de minerais. É uma opção excelente para a agricultura, além disso, após a compostagem, o lodo também pode ser aplicado ao solo, seguindo os mesmos parâmetros anteriormente mencionados.

A fabricação de material cerâmico opção interessante, pois não só recicla o lodo, como o transforma em uma matéria-prima ao substituir a argila em sua formulação. Dessa forma, o resíduo obtém uma destinação nobre e, segundo Silva (2017), diminui os impactos ambientais causados pela retirada de vegetação através das atividades extrativistas da argila e redução da poluição de corpos d'água. O lançamento em sistema de tratamento de esgoto pode comprometer o bom funcionamento da ETE, por isso deve ser feito de forma equalizada, de modo que possam beneficiar o sistema com a remoção de fósforo do efluente, aumentando a eficiência dos decantadores primários.

A disposição do lodo em aterros sanitários é uma opção correta, porém não há aproveitamento do potencial do resíduo, e por isso, está em último lugar na lista de prioridades do gerenciamento de resíduos sólidos. É importante explorar as possibilidades do lodo, através da caracterização para poder decidir entre a disposição no aterro ou outra alternativa. Segundo Achon et al. (2008), a disposição de lodo de ETA em aterros é uma solução para o resíduo, entretanto, o volume é elevado e os custos de disposição e transporte também se tornam altos.

Das opções estudadas (aplicação controlada no solo, compostagem, fabricação de material cerâmico, lançamento em sistemas de tratamento de esgoto e disposição em aterro sanitário) deve existir cuidados específicos em cada uma. Tendo pontos positivos e negativos, quando não realizado corretamente. Na literatura foi possível obter um gráfico das alternativas sugeridas em porcentagem, de acordo com a quantidade de vezes em que a opção foi sugerida (Figura 2). Com isso, pode-se perceber que a alternativa mais aclamada foi a fabricação de material cerâmico.

Figura 2 – Alternativas que a literatura revisada oferece (em porcentagem)



Fonte: Autoras.

CONCLUSÕES

Este trabalho conferiu algumas opções de disposição final do lodo proveniente de ETA, das quais estão sendo discutidas atualmente. Os resultados obtidos trazem a partir da revisão de literatura meios de destinar o lodo proveniente de ETA de forma que reduza impactos ambientais e tragam a valorização desse resíduo, obedecendo a ordem de prioridade estabelecida pela PNRS (não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final) e aplicáveis à realidade da produção de lodo de ETA do estado de Pernambuco. Foi possível concluir que o lodo de ETA tem um grande potencial de valorização, e as alternativas de destinação são inúmeras. No estudo realizado, a fabricação de materiais cerâmicos a partir de incorporação de lodo de ETA, é a opção mais abordada e viável, seguida de aplicação no solo e demais opções.

REFERÊNCIAS

ACHON, C.L. et al. Leito de Drenagem: Sistema natural para redução do volume de lodo de estação de tratamento de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vol. 13 – Nº 1, Rio de Janeiro. p. 54-62, jan/mar 2008.

ACHON, C.L.; BARROSO, M.M.; CORDEIRO, J.S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISSO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.18 n.2, Rio de Janeiro. p.115-122, abr/jun 2013.

ANDRADE, P. S. **Avaliação do impacto ambiental da utilização de resíduo de estação de tratamento em indústria de cerâmica vermelha: estudo de caso.** [Dissertação de Mestrado]. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Campinas, 2005.

ANDREOLI, C. V. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final.** Rio de Janeiro: RiMa/ABES, 2001. 282 p. Disponível em: <<https://www.fi-nep.gov.br/images/apoioe-financiamento/historico-de-programas/prosab/CLeverson.pdf>>. Acesso em: 15 abril. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10004 – **Resíduos sólidos: Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

BOTERO, W. G.; et al. Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola. **Quim. Nova**, Vol. 32, No 8, 2018-2022, 2009.

BRASIL. Lei 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art.21 da constituição Federal, e altera o art.1 da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 09 abril. 2018.

BRASIL. Lei 12.305, 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; Altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 09 abril. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde – Portaria nº 2.914, 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Publicado no Diário Oficial da União - DOU de 16.05.2011.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J.M.E. Revisão Bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**. vol.61 no.358. São Paulo. p.178-189. 2015.

BUENO, J. et al. Chemical and microbiological attributes of the soil treated with successive applications of sewage sludge. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 35, p. 1461-1470. 2011.

BUENO, J. **Qualidade do solo após sucessivas aplicações de lodo de esgoto para o cultivo do milho.** 2010. 72f. (Dissertação de Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo, Campinas, SP. 2010.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO- COMPESA, 2017. **Abastecimento de água.** Disponível em: <<http://servicos.compesa.com.br/abastecimento-de-agua/>>. Acesso em: 20 abril. 2018.

ELK, A. **Redução de emissões na disposição final (Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos).** 40p. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

SANTOS F. R. C. et al. O aproveitamento de resíduos sólidos urbanos, por meio do processo de compostagem aeróbia enriquecida com casca de sururu para aproveitamento na construção civil. **Ciências exatas e tecnológicas**. v.4. n.2. Alagoas. p. 125-134. 2017

GONÇALVES, F. et al. Incremento de lodo de ETA em barreiras impermeabilizantes de aterro sanitário. **Revista DAE**. v.65. n. 205. p.5-14. 2016.

HOPPEN, C.; et al. Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento portland para reduzir o impacto ambiental. **Quim. Nova**, v. 29, No. 1, 79-84, 2006.

JUNKES, J. A.; et al. Ceramic Tile Formulation from Industrial Waste. **INTERCERAM** 60. p.36-41, 2011.

JUNKES, J.A.; et al. Combining mineral and clay-based wastes to produce porcelain-like ceramics: An exploratory study. **Applied Clay Science** 69. p. 50-57. 2012.

KHAN, T. A. et al. Production of soil-cement bricks using sludge as a partial substitute. **Earth Science Malaysia (ESMY)**. 1 (2). p. 10-12. 2017.

KLOC, A.; LAIRD, Y. **Avaliação do impacto de lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) na qualidade das águas do arroio Pilão de Pedra**. 2017. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

LIMA, T. et al. Comportamento dos parâmetros físicos e químicos em uma leira de compostagem, durante a fase ativa. **Resíduos sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular**. Recife, PE, 1 ed. EDUFRPE, p. 413-422, 2018.

LIMA, U. T. G. M. **Utilização do Lodo de ETA como matéria prima alternativa para a indústria cerâmica**. Trabalho de Conclusão de Curso - [Bacharel em Engenharia Ambiental]. Centro Universitário Tiradentes. 2016. 47f.

MOTTA, J. C. S. S. et al. Tijolo solo-cimento: análises das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **e-xacta**. v.7, n.1, Belo Horizonte. p.13-26. 2014.

OLIVEIRA, I.; RONDON, O. Diagnóstico da gestão de lodo de estação de tratamento de água em Mato Grosso do Sul. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, MS, v. 17, n. 4, p. 687-698, out./dez. 2016.

PIRES, I. C. G.; FERRÃO, G. E. **Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental**. REVISTA TRÓPICA: Ciências Agrárias e Biológicas. ISSN 1982-4881. p.01-18, v.09, n.01, 2017.

REIS, E. L. T. **Abordagem sistêmica do sistema de tratamento de água de Registro, São Paulo, com ênfase na avaliação do impacto do descarte dos resíduos na bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape**. São Paulo: IPEN/USP. 191 p, 2006.

RODRIGUES, L. P.; HOLANDA, J. N. F. Influência da incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades tecnológico de tijolo solo-cimento. **Cerâmica**. vol.59 no352. São Paulo. p.551-556. 2013.

RODRIGUES, L. P.; HOLANDA, J. N. Recycling of Water Treatment Plant Waste for Production of Soil-Cement Bricks. **Procedia Materials Science**. 8 p. 197-202. 2015.

SANTOS, L. et al. Compostagem nas escolas com uma ferramenta para implantação da educação ambiental no ensino fundamental. **Resíduos sólidos: Tecnologias limpas e boas práticas**. Recife, PE, 1. ed. EDUFRPE, p 268-280, 2015.

SEVAIOS, V. H. N. Estimativa do potencial energético dos resíduos sólidos urbanos: estudo de caso. **SODEBRAS**. v.11. n.128. p.159-163. 2016.

SILVA, S.; FERNANDES, F. Compostagem de biosólidos, lodo de tratamento de água e resíduos de podas de árvores. In: XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental, Lima, Peru, **Anais**. 1998. Disponível em: < <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidi/s/resisoli/peru/brases187.pdf> > . Acesso em: 20 abril. 2018.

SILVA, T. et al. Avaliação de tijolo ecológico composto por lodo de ETE. **Resíduos Sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**. Recife, PE, 2. ed. EDUFRPE, p. 402-411, 2017.

SILVEIRA, C. **Desaguamento de lodo de estações de tratamento de águas por leito de drenagem / secagem com manta geotêxtil**. [Dissertação] – Universidade Estadual de Londrina, 2012. 136 p.

TSUTIYA, M. T.; HIRATA, A. Y. Aproveitamento e disposição Final de lodos de estações de tratamento do Estado de São Paulo. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. São Paulo, v. 2, n. 2, p. 70-81. 1997.

VIEIRA, M. **Parâmetros de qualidade de água**. Agência Nacional das Águas – ANA. 2015.

3.6. ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS NA REGIÃO NORDESTE; ANÁLISE ENERGÉTICA DA BIODIGESTÃO DE DEJETOS ANIMAIS

AMORIM JÚNIOR, Fabiano Rocha

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
fabiano.rochamorim@gmail.com

CORREIA, Raphael Chaves

Grupo de Pesquisa em Energia da Biomassa (DEN/UFPE)
raphael.correiacp@gmail.com

DUTRA, Emmanuel Damilano

DEN/UFPE
emmanuel.dutra@ufpe.br

RESUMO

O estudo tem como objetivo estimar a produção de biogás, a partir da biodigestão de esterco das principais espécies da pecuária da região nordeste do Brasil, e analisar seu potencial energético. Os dados, a respeito do número de animais de cada rebanho, foram adquiridos através da base de dados do IBGE, enquanto que, de literatura foram retiradas as respectivas quantidades de matéria seca produzida e fatores de conversão do biogás em energia elétrica. Tomando como base três cenários, dez por cento, vinte por cento e cem por cento de utilização da matéria seca proveniente de cada espécie animal, dois mecanismos de conversão do biogás em energia elétrica foram considerados, grupo geradores de combustão direta e microturbina. A partir dos quais foi possível quantificar a geração de energia elétrica para um cenário próximo do real, a partir de cada rebanho, chegando então aos valores finais de energia elétrica de 3,344 TWh e 3,583 TWh com a utilização, dos geradores e da microturbina, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Energia renovável; Resíduos orgânicos; Biodigestão anaeróbica.

INTRODUÇÃO

A produção mundial de energia no ano de 2014 foi cerca de 13.800 Mtep (mega-tonelada equivalente de petróleo), onde a maior fração corresponde à produção nos Estados Unidos e na China (IEA, 2016). Considerando que 1 tep equivale a $11,63 \times 10^3$ KWh (BEM, 2016), tem-se que a produção de energia foi $1,6049 \times 10^5$ TWh, para este mesmo ano. Ainda assim atualmente cerca de 22% da população mundial não tem acesso à energia elétrica - e considerando as estimativas de crescimento populacional realizada pela ONU - no ano de 2030, a população mundial será de 8,501 bilhões de pessoas isso indica que para este ano cerca de 16,46% da população mundial ainda não terá acesso à energia elétrica (ALAM, 2015 e ONU, 2016). Sendo este, um recurso intrinsecamente ligado ao desenvolvimento econômico, comumente se torna objeto de poder geopolítico, podendo gerar conflitos nos mais diversos âmbitos (ARTO et al., 2016).

Considerando toda produção de energia, cerca de 18,4% advém de fontes não fósseis, são elas: geotérmica, nuclear, solar fotovoltaica, solar térmica, eólica, hidroelétrica, resíduos e biocombustíveis. Sendo a última responsável por cerca de 10,2% de toda a energia produzida a nível mundial (IEA, 2016). A geração no Brasil para o ano de 2014 contabiliza 303 Mtep, ou seja, 3.523,89 TWh. Equivalente a 2,2% da produção mundial (IEA, 2016). Para 2014, seguindo o Balanço Energético Nacional, o país gerou cerca de 272,62 Mtep, ou seja, 3.170,57 TWh. Enquanto que para o ano de 2015 a geração representou 286,47 Mtep, equivalente a 3.331,65 TWh, das quais 41,9% provém de fontes renováveis. Mesmo com o notável aumento, a oferta interna de energia foi de 299,21 Mtep, equivalente à 3.479,81 TWh, indicando assim a necessidade de importação de energia (BEN, 2016).

Data-se que o setor agropecuário brasileiro, no ano de 2015, apresentou consumo de 11,487 Mtep, o equivalente a 133,594 TWh. Representando 4,4% do consumo final energético e 5,1% do consumo de eletricidade. Da demanda total exigida pelo setor, apenas 4,0% é abastecida por fonte de biomassa (BEN, 2016). Demonstrando assim o desperdício do potencial energético da biomassa gerada pelo próprio setor.

O Brasil apresenta ainda números satisfatórios, frente ao cenário mundial, quanto à criação e exportação de animais e seus derivados. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture – USDA), o país detém o segundo maior rebanho bovino, apresentando 215,20 milhões de cabeças, ficando atrás apenas da Índia. É o quarto maior produtor de carne suína, apresentando 40,33 milhões de cabeças em 2015, ficando atrás da China, União Europeia e Estados Unidos, a região Nordeste do país corresponde a 14,4% desta criação. O país é o maior exportador de carne de frango e o terceiro maior criador de frango, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China, ficando o Nordeste como a terceira região de maior criação, responsável por 11,9% da criação nacional (IBGE, 2015).

No país, a caprinocultura é uma das atividades pecuárias mais antigas, apresentando assim o 11º maior rebanho do mundo, com cerca de 12,6 milhões de cabeças (AMORIM, 2002), segundo levantamento do IBGE o número de cabeças é de 9,61 milhões para o ano de 2015. Sendo a região Nordeste responsável por 92,7% deste valor. Este fato se deve pela ótima adequação das espécies ao ecossistema do semiárido, além de fatores socioeconômicos como o baixo custo inicial e a capacidade de acumular renda. Isso significa que, a cada dez cabeças de caprino existentes no país, nove estão na região nordeste. Tais fatores tornam o país ideal para exploração e desenvolvimento de biogás a partir dos dejetos dessas espécies.

Os resíduos gerados pelos rebanhos são chamados de esterco (REIS NETO et al., 2017). Um conjunto de fezes, urina e camas (matéria contendo alguns elementos como palha, folhagem seca, serragem, podendo também conter areia). Sua composição varia entre espécies, com a idade, alimentação, das condições ambientais e dos abrigos e das condições fisiológicas (prenha, lactante, doença), os rebanhos também são analisados sem distinção de raças. A grande variedade de criação de animais e geração de estercos pode gerar grandes quantidades de energia renovável nas regiões produtoras (NOOROLLAHI et al., 2015). Neste contexto, este trabalho tem como

objetivo quantificar o potencial de geração de energia elétrica a partir da produção do biogás de esterco animais na região nordeste do Brasil.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Há alguns anos, diversos setores (públicos, privados, a sociedade civil e organizações não governamentais) vêm buscando alternativas de desenvolvimento sustentável de forma a diminuir os impactos ambientais, ou seja, opções que sejam econômicas, ambiental e socialmente viáveis (FERREIRA et al., 2015). Sendo esta busca movida pelo cenário de escassez de petróleo e mudanças climáticas ocasionadas pela queima desordenada de combustíveis fósseis. Essa cobrança possibilitou o direcionamento das tecnologias para geração de energia a partir de fontes alternativas como energias solar, eólica e biomassa (GUO et al., 2015).

Biomassa esta que vem sendo estudada e muitas vezes melhorada, nos últimos anos, para atender muito além do que apenas o setor alimentício. Porém este termo não se restringe apenas a produtos consumíveis por humanos e animais. Gleber e Palhares (2007), definem que biomassa é toda matéria orgânica, viva ou morta, que existe nos organismos. Sendo uma delas o esterco animal, que são gerados a depender da espécie e tamanho do animal; equinos, por exemplo, apresentam uma produção elevada de esterco, o que resultaria em maior potencial de produção de biogás (GOUVEIA e OLIVEIRA, 2018). Em muitos casos, esta alta produção de resíduos gera grandes problemas ambientais nas regiões produtoras, visto que é comum o descarte direto no solo. Dentre tais problemas destaca-se a higienização precária do local onde ficam situados os animais podendo acarretar em doenças para os próprios animais e para as pessoas que vivem no entorno, além da quantidade excessiva de elementos no solo, como nutriente, metais, patógenos entre outros (GLEBER; PALHARES, 2007).

A maior parte da região Nordeste apresenta clima semiárido, que impõe limitações à agropecuária, como chuvas irregulares, altas temperaturas durante o dia e características do solo. Ainda assim a região apresenta-se como destaque frente outras regiões do país na criação de animais, em especial os ruminantes domésticos, como caprinos e ovinos (RIBEIRO et al., 2018). Logo, também é acarretado de problemas com rejeitos de animais. Analisando agora a perspectiva de entrega de energia elétrica à região nordeste, a rede de distribuição que para Netto e Henkes (2015) corresponde a “todos os componentes do sistema elétrico situados desde a saída da subestação até a entrada das instalações dos consumidores”, muitas vezes geram problemas - como a instabilidade da rede e perdas do sistema - e causam impactos ambientais consideráveis. Tais fatores indicam a necessidade de um ambiente sustentável o qual também seja possível à descentralização do suprimento de energia, de forma a não ser dependente, exclusivamente, das grandes distribuidoras. Esforços nesta fonte renovável possibilitam diminuição dos custos com energia elétrica, melhoria na qualidade de vida das pessoas envolvidas, das condições de higiene dos animais e de seus produtos derivados, além de possibilitar um crescente valor agregado aos produtos e propriedades destinadas à criação dos rebanhos.

Sendo na atualidade, uma das tecnologias mais utilizadas para o tratamento de resíduos animais, os biodigestores surgem então como possível solução para esta problemática, principalmente o do tipo canadense, amplamente conhecido devido ao atual desenvolvimento em geomembranas que facilitam a instalação. São sistemas fechados, baseados em atividade bacteriana anaeróbia, ou seja, sem a presença de oxigênio, que resulta na produção de biogás. Composto em sua maioria por metano, um dos principais produtos finais do processo anaeróbico, pode ser coletado e armazenado em gasômetros (GLEBER; PALHARES, 2007). Sendo destinados após, para geração direta de energia térmica ou indireta de energia elétrica.

Segundo Hirano (2015), a opção de utilização de microturbinas específicas para conversão do biogás em energia elétrica, se mostra como ótima opção ao passo que permite o uso de biogás pobre em metano, além de permitir presença de impurezas - como dióxido de carbono e sulfeto de hidrogênio, que são subprodutos da biodigestão - neste gás. Este tipo de tecnologia necessita

de pouca manutenção, além de emitir gases de poder de poluição baixo. Esses gases gerados no processo de exaustão na microturbina ainda podem ser utilizados como aquecedores de águas por meio de um trocador de calor.

Frente a estas e muitas outras informações, alguns pesquisadores se propuseram a estudar algumas espécies separadamente, em pequenos grupos, ou até vários rebanhos porém restringindo sua pesquisa apenas à região semiárida. Segundo um destes pesquisadores, Dutra (2009), os estados do nordeste com maior potencial de geração de energia elétrica a partir desta fonte renovável, são “Bahia (38,35%), Ceará (21,26%) e Pernambuco (19,69%)”.

METODOLOGIA

Região de Estudo

A região Nordeste do Brasil, que será nosso objeto de estudo, ocupa cerca de 18% do território nacional, algo em torno de 1.561.177,8 km². A maior parte dessa região é caracterizada pelo clima semiárido o qual apresenta baixo índice pluviométrico, irregularidade do regime de chuvas, taxa de evaporação elevada, baixa umidade e altas temperaturas. O bioma característico desse clima é a caatinga, exclusiva do Brasil, que apresenta vegetais arbustivos, galhos retorcidos e raízes profundas, adaptados para reter o máximo de água por grandes períodos sem que haja perda por evapotranspiração (DE SOUZA, 2013). Apresentando ainda regiões de mata atlântica, que um dia dominou grande parte do litoral brasileiro, cerrado, e manguezais nas áreas litorâneas.

Delimitações do Escopo

Neste estudo foram analisadas as principais espécies da criação de rebanhos na região, são eles: bovinos, equinos, suínos, caprinos, ovinos, galináceos (galinhas, galos, frangas, frangos, pintos (IBGE, 2017)). Inicialmente dados sobre quantidade de indivíduos por espécie foram recolhidos em uma escala temporal de onze anos, e analisados a fim de se obter a evolução dos rebanhos na região. Sendo possível traçar o perfil de desenvolvimento do potencial energético, proveniente do esterco dos respectivos rebanhos. A partir disso, analisar mais especificamente, o último ano a que se tem informações, o ano de 2015. Considerando em instância final – para viabilidade de uso real – o aproveitamento de um décimo desse potencial, visto que na prática, por motivos de perda de material, ou capacidade do criador, além de outros possíveis entraves, não será possível utilizar todo o material orgânico disponível.

Foram analisados então dois cenários: uso total da matéria seca de cada rebanho e uso de dez por cento da matéria seca, para geração de biogás. Sendo o primeiro utilizado como parâmetro do potencial total ótimo, e o último como potencial real, visto as perdas que ocorrem no sistema. Porém também se dispõe como ponto para reflexão e desenvolvimento voltados à eficiência. A partir das produções de biogás, é feita a conversão para energia elétrica, e em seguida considera-se a utilização de dois mecanismos distintos: o primeiro trata-se de um gerador de combustão direta com eficiência de vinte e oito por cento, o segundo trata-se de uma microturbina que apresenta eficiência de trinta por cento, porém esta última fase é feita apenas para os resultados dos cenários ótimo (cem por cento de biogás) e o cenário real (dez por cento de biogás).

Escolha da Tecnologia

O motivo pela escolha da tecnologia anaeróbia se dá pela já prova da maior eficiência frente aos possíveis tratamentos aeróbios, sendo possível competir com outros biocombustíveis. Isso se dá pela diversa gama de destinação possível para os produtos e subprodutos desta tecnologia, sendo passíveis de uso em caldeiras, sendo utilizados como combustível, ou ainda matéria prima para produção de alguns tipos de substâncias orgânicas. (MOREDA, 2015).

Quanto às tecnologias de geração, seu funcionamento já é largamente conhecido. Os grupos geradores funcionam em ciclo termodinâmico de Otto, um ciclo de combustão interna. Tal tecnologia é amplamente utilizada nos mais diversos locais como hospitais, refinarias e sistemas de telecomunicações devido a sua possível utilização por horas, dias e até semanas, oferecendo comodidade e segurança para setores que não podem ficar sem fornecimento de energia elétrica, além de apresentarem níveis de ruídos muito baixos e gerarem corrente contínua ou alternada, a depender dos equipamentos que receberão esta energia (AGUILAR-VIRGEN et al., 2014). Já para as microturbinas, segundo Hirano (2015), entre seus benefícios estão que os gases da exaustão da turbina são consideravelmente mais frios que os provenientes da combustão; também apresenta baixos níveis de vibração e de ruído; a flexibilidade do combustível, ao levar em consideração à variabilidade na composição do biogás; simplicidade quanto à instalação e dimensões reduzidas; e a possibilidade de instalação em áreas abertas.

Fatores de Conversão

Inicialmente a fim de se obter dados sobre a produção de matéria seca de cada rebanho, foi considerado o número de conversão anual, respectivo por espécie animal. Bovinos geram 1,56 toneladas, equinos geram 1,56 toneladas, suínos 0,16 toneladas, caprinos 0,17 toneladas e aves 0,008 toneladas (GARRIDO et al., 2015). Os dados sobre matéria seca de origem ovina foram considerados iguais aos dos caprinos (0,17 toneladas anualmente por animal), essa aproximação se deu pela falta de informações a respeito na literatura acadêmica ou popular, ainda sendo aceitável a aproximação pela semelhança visível a olho nu quanto à dimensão e quantidade de esterco produzido em ambas as espécies.

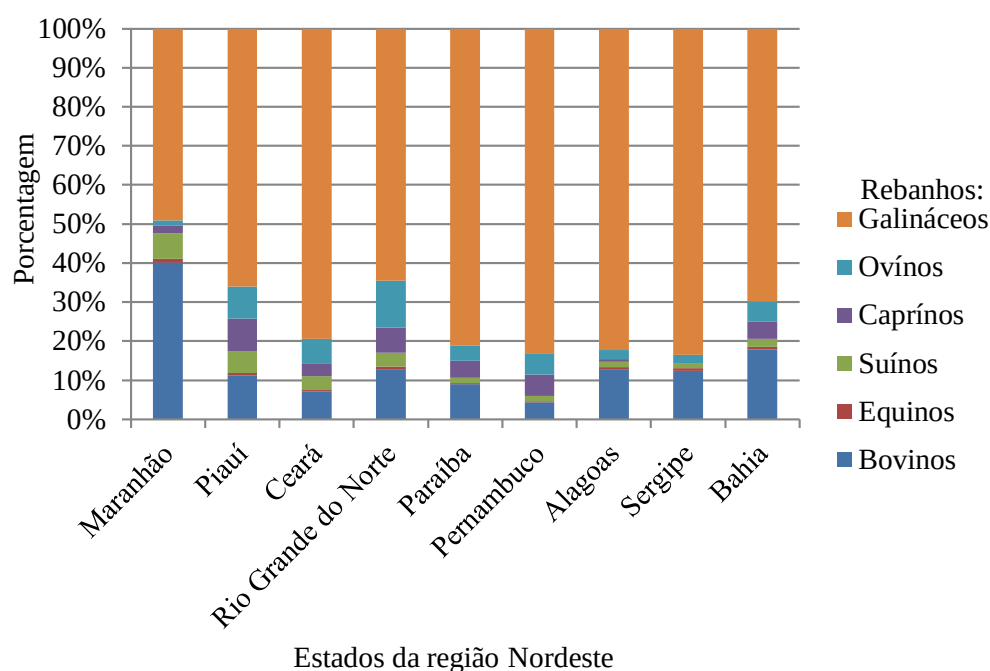
Tratando-se da conversão da matéria seca para biogás – ainda que o processo de biodigestão anaeróbia ocorra de forma bastante semelhante para as espécies analisadas- novamente temos um valor referente a cada rebanho, visto que as características das espécies são diferentes e isso se reflete também em seus dejetos, na forma de diferença na composição química e fração de água. Bovinos produzem 0,4 metros cúbicos de biogás para cada quilograma de matéria seca, equinos 0,048 metros cúbicos, suínos 0,075 metros cúbicos, caprinos e ovinos 0,065 metros cúbicos e galináceos 0,1 metros cúbicos por quilograma de matéria seca. A conversão de biogás para energia elétrica, entretanto, é única. Cada metro cúbico de biogás gera 6,4 KWh (quilowatts hora) (RIOS e KALTSCHMITT, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dimensionamento dos Rebanhos

Os dados referentes aos rebanhos foram obtidos a partir de planilhas resultantes de pesquisas realizadas pelo IBGE ao longo dos anos. Tomando o ano de 2015 como base para o levantamento de dados da quantidade de indivíduos de cada rebanho, chegou-se ao seguinte resultado: MA 19.038.927 animais, PI 14.694.882 animais, CE 35.599.260 animais, RN 7.253.097 animais, PB 13.113.705 animais, PE 44.590.172 animais, AL 9.920.781 animais, SE 9.927.579 animais, BA 60.381.817 animais. Ao compilar tais informações obteve-se a porcentagem de cada rebanho, para cada estado (Figura 1). Cada coluna representa a quantidade total de animais para seu respectivo estado. Tomando o estado do Maranhão como exemplo, tem-se que, de todos os animais existentes no estado 49% são galináceos, 40% são bovinos, e os 11% restantes estão distribuídos entre as demais espécies.

Figura 1. Porcentagem de cada rebanho em seu respectivo estado.



Análise Energética do Ano 2015

Após identificar a ocupação que cada espécie apresenta em cada estado da região, torna-se mais interessante tendo em vista o objetivo proposto, trabalhar com as espécies independente de sua localização. Dessa forma, serão abordados os rebanhos em sua totalidade.

Os dados “Biogás 100” (Tabela 1) referem-se a todo o potencial energético disponível considerando cem por cento da matéria seca produzida anualmente, trata-se do caso ótimo. Porém, é mais indicado levar em consideração as possíveis perdas com respeito à forma de contenção dos animais, recolhimento e transporte da matéria orgânica, por exemplo. Considerando ainda uma parcela de dez por cento como possibilidade real para estudo.

Tabela 1. Produção de biogás a partir de matéria seca

Rebanho	Matéria seca (t.ano-1)	Biogás 100 (m ³)	Biogás 10 (m ³)
Bovino	45.383.807,04	18.153.522.816,00	1.815.352.281,60
Equino	1.962.860,64	94.217.310,72	9.421.731,07
Suíno	930.489,28	69.786.696,00	6.978.669,60
Caprino	1.514.543,26	98.445.311,90	9.844.531,19
Ovino	1.895.387,12	123.200.162,80	12.320.016,28
Galináceo	1.266.366,08	126.636.608,00	12.663.660,80
Total	52.953.453,42	18.665.808.905,42	1.866.580.890,54

Como resultados, caso toda a matéria seca produzida seja transformado em biogás (cenário ótimo), tem-se a produção de $18,665 \times 10^9$ m³ de biogás, enquanto que para dez por cento

(cenário real) a produção seja de $1,866 \times 10^9 \text{ m}^3$. Convertendo agora para energia elétrica, com eficiência máxima, tem-se a produção equivale a 119,461 TWh no cenário ótimo, e 11,946 TWh para o cenário real (Tabela 2).

Tabela 2. Expectativa de produção de energia gerada pelo biodigestor a partir da matéria seca.

Rebanho	Energia100 KWh KWh	Energia10 KWh KWh
Bovino	116.182.546.022,40	11.618.254.602,24
Equino	602.990.788,61	60.299.078,86
Suíno	446.634.854,40	44.663.485,44
Caprino	630.049.996,16	63.004.999,62
Ovino	788.481.041,92	78.848.104,19
Galináceo	810.474.291,20	81.047.429,12
Total	119.461.176.994,69	11.946.117.699,47

Processos de conversão elétrica não apresentam eficiência ótima por condições intrínsecas dos equipamentos pertencentes aos sistemas de geração de energia, dessa forma temos que considerando o grupo gerador à combustão interna a geração chega a 33,449 TWh enquanto que 35,838 TWh com a utilização de microturbina. Enquanto para o cenário real, 3,344 TWh com utilização de gerador à combustão interna e 3,583 TWh com utilização de microturbina (Tabela 3).

Tabela 3. Energia Elétrica produzida por gerador e microturbina, a partir da energia contida em 10% da matéria orgânica.

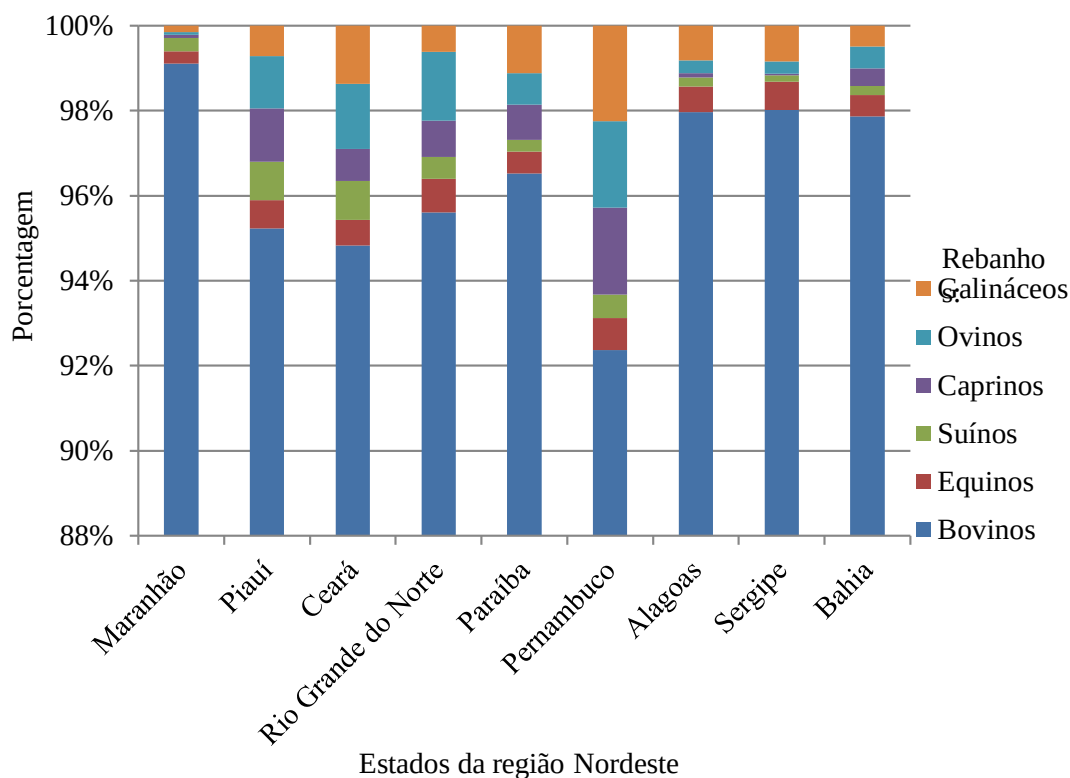
Rebanho	Gerador10 KWh	Microturbina10 KWh
Bovino	3.253.111.288,63	3.485.476.380,67
Equino	16.883.742,08	18.089.723,66
Suíno	12.505.775,92	13.399.045,63
Caprino	17.641.399,89	18.901.499,88
Ovino	22.077.469,17	23.654.431,26
Galináceo	22.693.280,15	24.314.228,74
Total	3.344.912.955,85	3.583.835.309,84

Segundo o Balanço Energético Nacional, ano base 2015, fontes de biomassa geraram o equivalente a 46,52 TWh, representando 8% (BEM) da oferta de energia elétrica em todo o território nacional. Enquanto que, a biomassa gerou 830,417 TWh, representando 24,92%, frente ao consumo energético final (considerando não apenas eletricidade). A geração a partir de ambas as tecnologias adotadas (gerador e microturbina) representam, respectivamente, cerca de 0,57% e

0,62% da geração de energia elétrica deste ano. Caso toda a capacidade de matéria seca seja utilizada, o potencial máximo para as mesmas tecnologias seria 5,75% e 6,16%.

Ainda que as porcentagens sejam reduzidas, vale ressaltar que a geração distribuída, contando principalmente com a área de energia solar, para o mesmo período foi de 34,9 GWh e potência instalada de 16,5 MW. Enquanto que a possibilidade inferior de geração a partir de biodigestão apenas na região nordeste é de 3,344 TWh. A partir disto pode-se analisar, a relação entre rebanhos e a energia gerada, a fim de comparar os impactos de cada rebanho para seu respectivo estado e para a região de forma geral (Figura 2). Assim como na figura 1, cada coluna indica a geração total de energia provinda do biogás, em seu respectivo estado. Para então indicar a atuação de cada espécie nesta geração. Tomando agora o MA como exemplo, tem-se que mais de 98% da geração de energia seria proveniente da matéria orgânica bovina, enquanto que o restante seria proveniente das demais espécies. Dessa forma é possível observar que ainda que a maior população neste estado seja de galináceos, quem se mostra mais expressivo quanto à geração de energia elétrica são os bovinos. Essa disparidade é causada pela diferença na composição do esterco, como citado anteriormente.

Figura 2. Atuação de cada rebanho na geração de energia em seu respectivo estado.



Após compilar as gerações de energia elétrica no cenário real de todos os estados analisados, pode-se concluir que o impacto no setor agropecuário a nível nacional, corresponde a 2,5% para uso de gerador e 2,68% para utilização de microturbina, ao comparar com o consumo do setor no ano de 2015.

Quanto ao mercado de energia, o preço da energia elétrica pode variar a depender da concessionária que a distribui. Sendo assim, foi utilizada a média entre os valores das tarifas das concessionárias de energia elétrica da região nordeste (ANEEL). A partir do uso exclusivamente de geradores, é possível obter um faturamento em torno de R\$1,81 bilhões. Enquanto que na utilização, exclusiva, de microturbinas é possível um faturamento em torno de R\$1,94 bilhões. Vale ressaltar que esse retorno financeiro considera apenas a geração direta de energia elétrica, não sendo considerados casos possíveis de aquecimento de água, por exemplo. Também não foi

considerada neste estudo a produção de biofertilizante – que também pode ser comercializado, além de ser utilizado nas lavouras das próprias localidades.

CONCLUSÕES

Ainda que nacionalmente não apresente impacto significativo, o uso alternativo de esterco animal destinado à geração de energia elétrica, em escalas locais pode vir a trazer melhoria na qualidade de vida de muitas famílias, principalmente no sertão nordestino. Tendo como exemplo países como Alemanha, onde há projetos em que grupos de pecuaristas se uniram para destinar os dejetos de suas propriedades para grandes biodigestores, no nordeste brasileiro há a possibilidade de parceria entre Estado ou empresas privadas e pecuaristas locais. Tendo em mente que assim como a geração elétrica se dá de forma descentralizada, a melhoria econômica, social e ambiental também se dá em escalas locais, proporcionando assim melhores qualidades de vida para tais áreas.

Através de desenvolvimento não apenas do processo de biodigestão, mas também dos componentes do sistema como um todo, os lucros obtidos através desta forma de energia podem ser ainda maiores, visto que o potencial total de energia é muito maior. Isso mostra o potencial desperdiçado com os dejetos animais, ao ser descartado inapropriadamente.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Ranking das Tarifas**, Distrito Federal, 2018. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>>. Acesso em: 05 jul. 2018.

AGUILAR-VIRGEN, Quetzalli et al. Power generation with biogas from municipal solid waste: Prediction of gas generation with *in situ* parameters. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 30, p. 412-419, 2014.

ALAM, Arif et al. Does financial development contribute to SAARC' S energy demand? From energy crisis to energy reforms. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 818-829, 2015.

AMORIM, Ana Carolina. Caracterização dos dejetos de caprinos: reciclagem energética e de nutrientes. 2002.

ARTO, Iñaki et al. The energy requirements of a developed world. **Energy for Sustainable Development**, v. 33, p. 1-13, 2016.

CELPE. **Tarifas grupo b**, Pernambuco, 2017. Disponível em: <<http://servicos.celpe.com.br/residencial-rural/Pages/Baixa%20Tens%C3%A3o/tarifas-grupo-b.aspx>>. Acesso em: 07 mar. 2017.

DE SOUZA, Matheus Landim; CEOLIN, Alessandra Carla. Caprinocultura no nordeste do Brasil e em Pernambuco. **XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX 2013**, Recife, p. 1–3, 2013.

DUTRA, Emmanuel Damilano, et al. Estimativas do potencial de geração de energia elétrica na região semi-árida a partir da biodigestão anaeróbica de esterco animal. **XVII Simpósio Nacional de Bioprocessos**, p. 1–6, 2009.

FERREIRA, C. V. J; ANDRADE, M. M. M; MENEZES, C. S. R; PRIMO, C. D. Diagnostico dos resíduos sólidos gerados pelas unidades alimentares do campus Recife da UFPE. **Ebook Resíduos sólidos Tecnologias Limpas e Boas Práticas** 1ª ed. Gampe/UFRPE, p.40-50, 2015.

GARRIDO, Marlon Silva; SAMPAIO, Everardo Valadares Sá Barreto; MENEZES, Rômulo Simões Cezar. Potencial de adubação orgânica com esterco no Nordeste do Brasil. In: Menezes, R.S.C (Org.) ; Sampaio, E. V. S. B. (Org.); Salcedo, I. H. (Org.). **Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido**. Recife: Editora Universitária UFPE, 284 p, 2015.

GBLER, Luciano; PALHARES, Julio Cesar Pascale. **Gestão ambiental na agropecuária**. Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007.

GOUVEIA, Lira; OLIVEIRA, Galdino. Utilização e destinação dos resíduos agropecuários no Brasil. **Ebook Resíduos sólidos Tecnologias e Boas Práticas em Economia Circular** 1ª ed. Gampe/UFRPE, p.466-474, 2018.

GUO, Mingxin; SONG, Weiping; BUHAIN, Jeremy. Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 712-725, 2015.

HIRANO, Marcio Yukio. **Geração de energia por microturbina alimentada à biogás em uma propriedade rural: estudo de caso**. 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World energy balances 2017 overview**. Disponível em: <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/worldenergybalances2017overview.pdf>>. Acesso em: 09 Apr. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da pecuária municipal. **Grandes regiões ufs.zip**, 2005-2015. Anual. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/>. Acesso em: 11 fev. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v. 42, p. 1-39, 2014. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2014_v42_br.pdf> Acesso em: 01 fev. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal**, Rio de Janeiro, v. 43, p. 1-49, 2015. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf> Acesso em: 23 fev. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional**, Rio de Janeiro, c. 1-2, p.292, 2016. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2016.

MOREDA, Iván López. The potential of biogas production in Uruguay. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 1580-1591, 2016.

NETTO, Daniel Vinicius; HENKES, Jairo Afonso. Sistema de geração e distribuição de energia por parte do Operador Nacional do Sistema brasileiro: ONS o pêndulo do desenvolvimento. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 339-362, 2014.

NOOROLLAHI, Younes et al. Biogas production potential from livestock manure in Iran. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 50, p. 748-754, 2015.

REIS NETO, Afonso Feitosa; ALVES, Estevan Gabriel; RODRIGUES, Gilberto Gonçalves. Produção de biogás e biofertilizantes a partir de dejetos animais. **Resíduos sólidos Gestão em Industrias e Novas Tecnologias** 1ª ed. Gampe/UFRPE, p.458-470, 2017.

RIBEIRO, Maria N. et al. Current Situation and Outlook of Several Local Goat Breeds in the Semi-arid Regions of Brazil. In: **Sustainable Goat Production in Adverse Environments**: Volume II. Springer, Cham, p. 259-269, 2017.

RIOS, Mario; KALTSCHMITT, Martin. Electricity generation potential from biogas produced from organic waste in Mexico. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 384-395, 2016.

UNITED NATIONS. **World population prospect the 2015 revision**: key findings and advance tables. Department of Economic and Social Affairs. Population Division, p. 59, ESA/P/WP.241, New York, 2015. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf>. Acesso em: 09 Apr. 2017.

3.7. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: ESTUDO DE CASO NUMA MATERNIDADE DE PAU DOS FERROS – RN

CONCEIÇÃO, Maria Regidiana

Programa de Mestrado em Planejamento e Dinâmicas Territoriais – PLANDITES, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN
regidiana@hotmail.com

MARIANO NETO, Manoel

PLANDITES/ UERN
mariano.paiva@ufersa.edu.br

PINTO FILHO, Jorge Luís de Oliveira

Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, PLANDITES/UERN
jorge.filho@ufersa.edu.br

RESUMO

Os Resíduos de Serviço de Saúde - RSS representam grande risco de contaminação e poluição ao meio ambiente, consequentemente para população, configurando uma problemática de saúde pública que abrange todos os municípios brasileiros. Nesse sentido, esta pesquisa objetivou analisar os impactos ambientais dos RSS produzidos na Maternidade Santa Luiza de Marilac, situada no município de Pau dos Ferros/RN, a partir da investigação do gerenciamento desses produtos. Como procedimentos metodológicos utilizou-se uma pesquisa bibliográfica e de campo, por meio de uma entrevista com a gestora da unidade de saúde. Os resultados evidenciaram que há uma lacuna entre o que a legislação vigente determina sobre o manejo dos RSS e a prática executada no estabelecimento estudado. Portanto, entende-se que há a necessidade crucial de que ações urgentes sejam tomadas para equacionar o problema do manuseio adequado desses resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Impactos ambientais, Saúde ambiental, Gestão ambiental.

INTRODUÇÃO

Com o advento do crescimento populacional e a mudança de estilo de vida das pessoas, isso têm acarretado em grande impacto na geração de mais variados tipos de resíduos sólidos, que configuram-se como uma das maiores adversidades que atinge o meio ambiente. Dentre esses tipos de resíduos gerados, merece destaque os Resíduos de Serviços de Saúde – RSS, já que apresentam grande capacidade de transmitir infecção e contaminação ao meio ambiente e a saúde humana (BRAZ et al., 2008). Os desafios que se inserem dentro da problemática do descarte inadequado dos RSS têm gerado políticas públicas e legislações tendo como princípio a sustentabilidade do meio ambiente e a preservação da saúde. Esta questão vem sendo praticada pela ação de órgãos regulatórios, por meios de resoluções do Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente, nº 358/2005 e Anvisa -Agência Nacional de Vigilância Sanitária nº306/2004, que versam sobre o gerenciamento dos RSS em todas as suas etapas, assumindo o papel de orientar, definir regras e regular a conduta dos diferentes agentes, no que se refere à geração e ao seu manejo.

Os Resíduos Sólidos Hospitalares ou, como é mais comumente denominado, lixo hospitalar, podem tornar-se um problema de saúde pública, devido principalmente à falta de informações da população sobre suas particularidades, ocasionando riscos à saúde. (CAFURE; PATRIARCHA-GRACIOLLI, 2015).

A PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010 apresenta alternativas para a destinação adequada dos resíduos sólidos e/ou semissólidos, estabelecendo orientações, princípios e instrumentos indispensáveis a esta problemática, com a finalidade de realizar o descarte final adequado. A discussão da problemática dos RSS não encontra-se restrita aos grandes centros urbanos, no Oeste Potiguar, localiza-se o município de Pau dos Ferros-RN que vem se consolidando como um importante polo econômico para região, através do estabelecimento de comércio e serviços. Nesta perspectiva, ressalta os diversos estabelecimentos de saúde, que ofertam serviços variados e, configuram-se como importante fonte efetiva ou em potencial de poluição ambiental, através de dos seus resíduos.

Diante do tema em estudo e da necessidade de se cumprir as normas do gerenciamento dos resíduos, para aperfeiçoar a gestão ambiental dos serviços de saúde, reduzir os impactos ambientais e atenuar os problemas referentes à saúde pública, surgiu a seguinte problemática: Quais os possíveis impactos socioambientais gerados pelo Resíduos de Serviços de Saúde produzidos pela maternidade Santa Luiza de Marillac?

Este trabalho justifica-se pela relevância para a sociedade, visto que estimula a percepção quanto aos cuidados com a saúde pública e com o meio ambiente através de atitudes sustentáveis. Contribui diretamente com a organização em estudo, levando a importância da execução de procedimentos eficientes na realização da segregação ao descarte correto, melhorando positivamente os processos gerenciais e seu comprometimento com as causas ambientais. No âmbito acadêmico este trabalho se tornará instrumento para o desenvolvimento de trabalhos futuros, já que trata-se de um pré-teste da metodologia do estudo Gestão Ambiental dos Serviços de Saúde no município de Pau dos Ferros-RN que contemplará uma dissertação do Programa de Pós Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais do Semiárido – PLANDITES.

Para tanto, o trabalho apresenta como objetivo geral analisar os impactos socioambientais do descarte de RSS gerados pela Maternidade Santa Luzia de Marillac, no município de Pau dos Ferros/RN. Com isso, elencaram-se como objetivos específicos: investigar a forma de gerenciamento dos RSS na referida maternidade; apontar os impactos ambientais do RSS na organização investigada; apurar o quadro de legalidade do estabelecimento em estudo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conforme Guterres, et al., (2018, p. 463) “Devido ao potencial infeccioso de degradação e poluição contra o meio ambiente e infeccioso contra a saúde humana, os resíduos de serviços de saúde exigem atenção especial e técnicas corretas de manejo e gerenciamento, segundo a NBR 12.807, da ABNT.”

Resíduos de Serviço em Saúde (RSS)

Atualmente em meio a diversos tipos de resíduos gerados pela sociedade, os Resíduos de Serviços de Saúde - RSS representam um desafio, porque, além das questões ambientais ligadas a qualquer tipo de resíduo, englobam uma preocupação mais significativa que inclui o controle de infecções nos lugares onde são gerados, tendo em vista à saúde individual e pública (SOUZA, 2016). Corroborando tal pensamento Guterres, et al., (2018, p. 463) afirmam que “Devido ao potencial infeccioso de degradação e poluição contra o meio ambiente e infeccioso contra a saúde humana, os resíduos de serviços de saúde exigem atenção especial e técnicas corretas de manejo e gerenciamento, segundo a NBR 12.807, da ABNT.”

Nesta perspectiva de conhecer os RSS, Reis (2012) afirma que, não apenas aos resíduos eu são gerados nos hospitais, mas, os resíduos de serviços de saúde é gerado em outros ambientes, como nos laboratórios patológicos e de análises clínicas, clínicas veterinárias, centros de pesquisas, bancos de sangue, consultórios médicos, odontológicos e similares. Conforme RDC Anvisa nº 306/2004 e a Resolução do Conama nº 358/2005, são definidos como geradores de resíduos de serviços de saúde.

Todos os serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar e de campo; laboratórios analíticos de produtos para a saúde; necrotérios, funerária e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento, serviços de medicina legal, drogarias e farmácias inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área da saúde, centro de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos, importadores, distribuidores, produtores de materiais e controles para diagnóstico in vitro, unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura, serviços de tatuagem, dentre outros similares (BRASIL, 2006, p. 27).

Os Resíduos de Serviço de Saúde são de natureza diversa, fazendo-se necessária uma classificação para a segregação dos mesmos. Quanto mais perigoso for considerado o resíduo, maior será o cuidado necessário e, conseqüentemente, maior o custo envolvido. Assim Oliveira et al., conceitua os resíduos sólidos da seguinte forma:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, comercial, agrícola, de serviços de varrição e hospitalar. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (OLIVEIRA, et al., 2017, p. 366).

A classificação adequada e minuciosa dos resíduos gerados nos estabelecimentos de saúde é o início para que seu gerenciamento seja eficiente, mais econômico e seguro. Nesta perspectiva, Teixeira (2004 apud FERREIRA, 2014) aponta que, o objetivo primordial da classificação dos

RSS, é fazer a separação através das características segundo sua origem, natureza física, química e biológica e o potencial de risco, para que se promova uma gestão eficiente, visando dessa forma a preservação da saúde ocupacional, pública e também a qualidade do ambiente.

Diante desse cenário, o Conama e a Anvisa propuseram a classificação adequada para os RSS, com a finalidade de proporcionar o adequado gerenciamento desses resíduos, no espaço interno e externo dos estabelecimentos de saúde. Segundo a Resolução RDC/Anvisa nº 306/04, os RSS se classificam em cinco grupos: A, B, C, D, e E, mostrados a seguir.

GRUPO A, (Subgrupos A1, A2, A3, A4 e A5) - Engloba os resíduos com possível presença de agentes biológicos que, por suas características, podem apresentar riscos de infecção. Exemplo: placas e lâminas de laboratório, bolsas de sangue contaminadas, vacinas de microrganismos vivos, restos de órgãos, etc.

GRUPO B - Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Exemplo: medicamentos, reagentes laboratoriais, etc.

GRUPO C - Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados nas normas do CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista. Exemplo: materiais resultantes de serviços de medicina nuclear e radioterapia, etc.

GRUPO D - Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares. Exemplo: Resíduos de gesso, sobras de alimentos, resíduos de papel, etc.

GRUPO E - Materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como: Lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares, etc.

Os RSS merecem uma maior atenção quanto ao grau de risco que, uma vez que, chegam a se tornar mais graves do que os demais resíduos, com isso Ferreira (2014, p. 30) destaca

Os RSS possuem uma composição variada conforme suas características biológicas, físicas e químicas. Sendo assim, é absolutamente fundamental que seu gerenciamento seja realizado de maneira diferenciada e com cuidados especiais. O manejo adequado para esses tipos de resíduos é a opção formal para manter a qualidade ambiental e a saúde dos profissionais que trabalham nos locais geradores desses resíduos, além de sua segurança ocupacional.

A RDC nº306/04 traz as normas para o gerenciamento de resíduos de saúde, que envolve segregação, acondicionamento, identificação, transporte, armazenamento, tratamento, coleta e disposição final (ANVISA, 2004). A realização dessas ações servem para gerenciar os resíduos dentro e fora dos estabelecimentos de saúde, a partir do momento em que são gerados até a disposição final. Portanto, todos os funcionários envolvidos na execução de ações relativas ao manejo dos resíduos são responsáveis por estas ações. Assim, conforme a Anvisa (2004), a segregação consiste em separar e/ou selecionar os resíduos segundo a classificação adotada, objetivando reduzir a quantidade de resíduos com risco biológico; o acondicionamento em embalar os resíduos em sacos ou recipientes resistentes para evitar vazamentos e ruptura.

A capacidade dos recipientes deve ser compatível com a geração diária de cada tipo de resíduo; a identificação consiste no padrão que permite reconhecer os resíduos contidos nos sacos e recipientes, fornecendo informações ao correto manejo dos RSS utilizando-se símbolos, cores e frases; o transporte refere-se ao traslado dos resíduos do ponto de geração até o local de destino, visando ao tratamento ou à disposição final; o armazenamento, na guarda dos recipientes contendo os resíduos já acondicionados, agilizar e otimizar o deslocamento entre os pontos geradores e o ponto destinado à coleta externa; o tratamento, na aplicação de método, técnica ou processo que modifique as características dos riscos ligados aos resíduos, reduzindo ou eliminando o risco de

contaminação, de acidentes ocupacionais ou de danos ao meio ambiente, objetivando diminuir o volume dos resíduos a serem dispostos no solo; e a disposição final, consiste na disposição definitiva de resíduos. A técnica reconhecida e permitida atualmente no Brasil é o aterramento em solo ou em locais previamente preparados e licenciados.

De acordo com Mahler e Moura (2017), o gerenciamento de RSS tem se configurado como um problema atual em muitos países em desenvolvimento já que ao mesmo tempo em que lidam com o aumento populacional e da demanda por serviços de saúde devido a maior expectativa de vida da população, com consequente aumento de doenças crônicas, o que pode acarretar cada vez mais doenças epidemiológicas. Portanto, o gerenciamento dos RSS a dificuldade é ainda maior em virtude da pouca experiência das administrações municipais e dos estabelecimentos em gerenciar com eficiência tal problema (FERREIRA, 2014).

Impactos socioambientais do descarte de RSS

O mau gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde resulta em inúmeros os danos, entre eles pode-se destacar a contaminação do meio ambiente, acidentes de trabalho incluindo profissionais da saúde, catadores e da limpeza pública e a disseminação de doenças sobre a população em geral, por contato direto ou indireto através de vetores (SANCHES; RAMOS, 2008). O impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais.

Quanto aos riscos ao meio ambiente destaca-se o potencial de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas pelo lançamento de RSS em lixões ou aterros controladas (ANVISA, 2006), quando são dispostos no solo substâncias líquida, sólidas ou semissólidas que alterem suas características naturais. Finalmente, há o risco de contaminação do ar, ocasionada quando os RSS são tratados pelo processo de incineração desordenado que emite poluentes na atmosfera contendo, por exemplo, dioxinas e furanos (ANVISA, 2006).

Gomes (2008) ainda ressalta que, não somente os resíduos de riscos biológicos, mas os do risco biológico os RSS em geral, contribuem para o aumento dos riscos ocupacionais de acidentes com materiais perfurocortantes que podem machucar e contaminar o trabalhador que manipula estes resíduos de forma inadequada, como também imprevistos causados por negligências de outros funcionários que manipularam de forma inadequada esses tipos de resíduos. Os trabalhadores envolvidos diretamente com o manejo dos resíduos estão vulneráveis ao risco de acidentes de trabalho pela inexistência de treinamento, falta de condições apropriadas de trabalho e equipamentos, além do uso inadequado da tecnologia (COSTA, 2009).

Além dos RSS decorrentes dos estabelecimentos de saúde, inserem-se também como produto residual não utilizável, resíduos originados em fontes menores, como aqueles gerados durante cuidados domiciliares com a saúde (COSTA, 2009). Sendo que famílias que não possui coleta domiciliar efetuada regularmente, e, assim, lançam seus resíduos nos arredores da área em que reside, degradando o meio ambiente com a presença de fumaças, mau cheiro, vetores transmissores de doenças, expandem ainda mais os impactos aos moradores vizinhos e população em geral, através da poluição e contaminação de poços de água e pelo consumo de carne de animais criados nos vazadouros (COSTA, 2009).

Aspectos legais da destinação final dos RSS no Brasil

Os desafios que se inserem dentro da problemática do descarte inadequado dos resíduos de serviços de saúde têm gerado políticas públicas e legislações tendo como princípio a sustentabilidade do meio ambiente e a preservação da saúde. Para Silva, Oliveira e Evangelista

(2017), as instituições de saúde tem encontrado dificuldades de implementar a legislação que rege o gerenciamento de seus resíduos, advindas dos próprios serviços de saúde e dos profissionais.

A Constituição Brasileira de 1988, menciona no Art. 225 que, "todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para os presentes e futuras gerações" (BRASIL, 1988). Com isso, a Constituição de 1988, estabeleceu disciplina com relação a problemática dos resíduos sólidos, tanto na área de saúde como na área de meio ambiente. A Legislação relativa a resíduos sólidos de Serviços de Saúde no Brasil é regida pelos órgãos regulamentadores que podem ser temporalmente observados. Logo, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), órgão responsável pela normalização técnica no País, apresentando a base indispensável ao desenvolvimento tecnológico brasileiro, que estabelece os procedimentos necessários ao gerenciamento de resíduos de serviços de saúde intraestabelecimento.

A Resolução Conama nº 358/05 aborda o gerenciamento segundo a perspectiva da preservação dos recursos naturais e do meio ambiente. Promove o conhecimento técnico aos órgãos ambientais estaduais e municipais para determinar critérios para o licenciamento ambiental dos sistemas de tratamento e destinação final dos RSS (CONAMA, 2005). Em contrapartida, a RDC Anvisa nº 306/04 versa sua regulamentação no controle dos procedimentos de segregação, acondicionamento, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final. Determina procedimentos operacionais devido aos riscos envolvidos e intensifica seu controle na inspeção dos serviços de saúde (ANVISA, 2004).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos representa a oportunidade de mudanças no padrão de consumo da sociedade, visando a redução da geração de resíduos no Brasil e alternativas para a destinação adequada dos resíduos primando o bem-estar social e, ao mesmo tempo, a sustentabilidade sob os pontos de vista ambiental, social e econômico. Vale salientar que segundo Gabriel, Zanquetto Filho e Oliveira (2017), em 1988, a Constituição brasileira reconheceu a saúde como um direito do cidadão e um dever do Estado e estabeleceu a base para a criação do SUS. Desde então, houve avanços na implementação do SUS, com a realização de inovações institucionais, como o intenso processo de descentralização.

METODOLOGIA

Classificação da pesquisa

A metodologia, em um nível aplicado, segundo Prodanov & Freitas (2013, p. 14) “examina, descreve e avalia métodos e técnicas de pesquisa que possibilitam a coleta e o processamento de informações, visando ao encaminhamento e à resolução de problemas e/ou questões de investigação.” Para o desenvolvimento deste trabalho, realizou-se pesquisa de natureza aplicada com finalidade prática, que segundo Vergara (2007, p. 47), “é fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, mais imediatos, ou não”.

Quanto à forma de abordagem, classifica-se como quantitativa e qualitativa. Conforme Prodanov & Freitas (2013, p. 70) a pesquisa quantitativa “considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las”, enquanto que na pesquisa qualitativa, segundo os mesmos autores, há “um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números”.

No tocante aos objetivos realizou-se pesquisa exploratória, que segundo Vergara (2007, p. 47), “é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado” assim como se configurou neste estudo. Sendo ainda classificada como descritiva, onde Gil (2009, p. 42) afirma que, “as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relação entre variáveis”.

No caso da presente pesquisa, descrevem-se os procedimentos adotados pelo estabelecimento de saúde para fazer o gerenciamento de seus RSS, da segregação à disposição final. Quanto aos procedimentos técnicos, ou seja, a maneira pela qual se obtêm os dados necessários para a elaboração do estudo, foi realizada pesquisa bibliográfica que de acordo como Vergara (2007, p.48), “é o estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado” e pesquisa de campo, utilizando-se os estabelecimentos de saúde da zona urbana. Seguindo o pensamento de Vergara (2007, p.47), “é investigação empírica realizada no local onde ocorre ou ocorreu um fenômeno ou que dispõe de elementos para explicá-lo”. Conforme Marconi e Lakatos (2000, p.107), as técnicas de coleta de dados “são um conjunto de preceitos ou processos de que se serve uma ciência; são, também, as habilidades para usar esses preceitos ou normas, na obtenção de seus propósitos”. Logo, refere-se à parte prática do conteúdo coletado e observado. Para esta pesquisa o procedimento técnico utilizado foi uma entrevista com a gestora do estabelecimento de saúde e a observação não participante, enquanto método básico de acompanhamento dos processos utilizado no gerenciamento dos RSS, ocorridos no período de fevereiro e março de 2018.

Em relação à observação não participante, foram observados os processos de gerenciamento dos RSS. Marconi e Lakatos (2000) explicam que o observador não interage, de forma alguma, com o objeto de estudo no momento em que realiza a observação e não poderá ser considerado como participante. Para o tratamento dos dados, foi feita a análise do perfil do estabelecimento de saúde visitado, quanto ao gerenciamento dos RSS da segregação à destinação. Logo após a investigação, os dados foram observados quanto à conformidade com as legislações vigentes.

Caracterização da área de estudo

O município de Pau dos Ferros/RN segundo dados de IBGE (2016), possui área da unidade territorial de 259,959 km² com população estimada em 2017 de 30.452 habitantes conforme o último censo, localizado a aproximadamente 392,5km da capital Natal, como mostra a (Figura 1). A unidade em estudo fica localizada na zona urbana do município de Pau dos Ferros, no bairro São Judas Tadeu, nas proximidades do centro da cidade, com funcionamento diário, atualmente com escala específicas para cirurgias e atendimentos específicos, devido a situações singulares, explicadas pela diretora da unidade.

Figura 1. Localização da área de estudo



Fonte: Dados da Pesquisa, 2018

A unidade de estudo é uma entidade filantrópica, com CNPJ: 08.151.862/0001-27, conta com uma média de 20(vinte) profissionais atuando no local, composto por funcionários da entidade e voluntários. É uma entidade mista, com serviços em parceria com o SUS, e particulares. Tendo enfrentado alguns problemas de interdição no ano de 2015, voltando a atuar com suas atividades no ano de 2017, com seu recadastramento no SUS no dia 17/08/2017, segundo dados coletados com a diretoria. No mês de setembro de 2017, voltou a exercer as atividades de forma frequente, atendendo apenas com procedimentos cirúrgicos e partos. As consultas foram suspensas, mas toda semana fica em funcionamento os atendimentos de cirurgias encaminhadas dos hospitais locais.

Atualmente, possui 30 leitos, sendo 07(sete) destes, apartamentos, onde são oferecidos serviços de cirurgias de obstetrícia e eletivas. Quanto à internações, operante apenas no pós-operatório, por está retomando algumas atividades, pois devido ao período de interdição, alguns serviços médicos estão temporariamente suspenso, com previsão de retornar todas as atividades, inclusive de urgência e emergência, para segundo semestre de 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos através de entrevista com a gestora da unidade e observações através do diário de campo, onde pode-se observar que o estabelecimento de saúde investigado gera basicamente resíduos do tipo A (infectantes), D (comuns, destinados à reciclagem e reutilização) e E (perfurocortantes). De acordo com Bento et al. (2017) o gerenciamento dos RSS nas unidades de saúde hospitalares, sejam públicas ou privadas, é um grande desafio a ser enfrentado. Segundo Silva, et al., (2017, p. 351),

Distingue os resíduos em cinco grupos que são: A, B, C, D e E, respectivamente. O grupo A são resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de contaminação. O grupo B são os resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividades e toxicidade. O grupo C são qualquer material resultante de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas Comissão Nacionais de Energia Nuclear - CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista. O grupo D é composto de resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares e finalmente o grupo E, que são os materiais perfuro cortantes ou escarificastes, tais como: agulhas, ampolas de vidro, brocas, lâmina de bisturi e outros similares.

Os RSS devem ser separados de acordo com cada grupo e embalados em recipientes específicos acompanhados da devida identificação. De acordo com Ferreira (2014, p. 30), “os RSS possuem composição variada conforme suas características biológicas, físicas e químicas”, por isso necessitam de cuidados especiais quanto ao seu risco para as pessoas e ambiente. Diante da observação *in loco*, no que se refere a segregação, a unidade geradora distribui em cada setor, que são, setor de pequenas cirurgias, sala de partos, setor de médias cirurgias, setores de apartamentos e leitos, setor neonatal, recepção, copa, cozinha e banheiros, os recipientes para a coleta dos resíduos em material plástico (Figura 2).

Figura 2. Recipientes dos Resíduos



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Com base a segregação dos resíduos gerados na unidade pesquisada observou-se que o acondicionamento se dá com sacos e recipientes que estes não seguem as principais recomendações referentes à identificação e cor, exceto os resíduos perfurocortantes que são armazenados corretamente (Figura 2 b). Tal ação ocorre conforme a Anvisa (2004) que prever que em “Descarbox” embalagem resistente na coloração amarela e com simbologia de resíduo infectante, entretanto, segundo a observação, algumas vezes são colocados em caixas e ambientes

inadequados para estes recipientes. Ao ser observado, pode-se perceber algumas inadequações no local pesquisado. Segundo a RDC 306/2004, os resíduos sólidos devem ser acondicionados em saco constituído de material resistente a ruptura e vazamento, impermeável, baseado na NBR 9191/2000 da ABNT, respeitados os limites de peso de cada saco, sendo proibido o seu esvaziamento ou reaproveitamento, como mostra a (Figura 2 a). Assim sendo, os sacos devem estar contidos em recipientes de material lavável, resistente à punctura, ruptura e vazamento, com tampa provida de sistema de abertura sem contato manual, com cantos arredondados e ser resistente ao tombamento. Logo, de acordo com a figura, no lado B, as lixeiras são inadequadas. Pode ser observado que, segue as normas, apenas o depósito para os perfurocortantes.

Segundo Ferreira (2014), os resíduos do Grupo A devem ser acondicionados em recipientes revestidos com saco branco leitoso e/ou vermelho dependendo do subgrupo, os do Grupo C em caixas blindadas em função da energia ou partícula emitida, os do Grupo D em lixeiras revestidas com saco cinza ou preto e os do Grupo E em coletor específico. Esses procedimentos se executados de maneira correta facilitam o trabalho dos funcionários no manuseio dos resíduos além de proporcionar maior segurança (Figura 3).

Figura 3. Resíduos comuns



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Os demais resíduos dos grupos A, D e C, como pode ser visto na (Figura 3) em sua maioria são acondicionados em recipientes plásticos revestidos com sacos comuns de cor preta. Como não existe processo de segregação para reciclagem, não há a padronização de cor dos recipientes do grupo D. Ressaltando que durante observação foi possível encontrar recipientes sem tampa de vedação.

A partir da variação de tipos de resíduos e suas formas diversas de acondicionamentos estes são transportados de maneiras específicas. Com isso, no que se refere aos resíduos comuns, o material plástico que envolve o soro fisiológico é encaminhado para reciclagem em uma empresa local, que faz troca com materiais de limpeza, segundo a gestora, no momento está passando por sérias dificuldades financeiras, muitas das exigências instituídas pela legislação vigente, não estão sendo possível atender. Pois a entidade está sobrevivendo de doações no momento. No processo de manejo dos RSS para transportar estes materiais constatou-se que os funcionários responsáveis utilizam EPI comuns de uso ao atendimento a pacientes e/ou limpeza domiciliar, porém estes não atendem as normas estabelecidas de acordo com as recomendações normativas do Ministério do Trabalho (Figura 4).

Figura 4. EPI utilizados pelos funcionários no manejo dos RSS



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Além da inadequabilidade dos EPI, os funcionários não recebem treinamento relativo ao manejo dos resíduos, ficando assim desprotegidos e despreparados para lidar com as situações de

riscos a que se expõe. Os EPI (Figura 4) dos funcionários devem ser diferenciados. Ainda conta um fator agravante, as pessoas que lidam diretamente com os resíduos, muitas vezes deixam até de usar os equipamentos, e em conversa com o gestão, está complicado demais lidar com a situação, uma vez que a maioria dessas pessoas são voluntários na atividade e a gestão está encontrando dificuldades de sensibilização com os mesmos. Assim, Clock e Oliveira (2018, p. 475) afirmam que,

Dentro do contexto estudado sobre os resíduos sólidos dos serviços de saúde, a questão mais discutida é o gerenciamento do RSSS, levantando a necessidade da conscientização dos profissionais para o cuidado com a segregação dos resíduos gerados durante sua atuação nos serviços de saúde. Vários estudos apontam a expectativa de que profissionais de todos os níveis e áreas de atuação, sejam conscientes da importância da correta segregação dos resíduos gerados nos serviços de saúde, sejam mais atuantes no processo, encaminhando apenas para tratamento aqueles materiais que realmente necessitem ser tratados.

Segundo Maia et al., (2016), o uniforme inclui calça e camisa com manga comprida, avental de PVC, impermeável e de comprimento médio, específicos para uso do funcionário, de forma a identificá-lo. Luvas e botas de PVC, resistentes, antiderrapantes e de cano longo, gorro a fim de proteger os cabelos, máscara respiratória, impermeável e tipo semi facial. Óculos com lente panorâmica, plástico resistente, incolor, com proteção lateral e válvulas para ventilação. Todos os EPI devem ser de cor clara, de preferência branca, e higienizados todos os dias. Os RSS precisariam passar por uma sequência de procedimentos antes do descarte final. De acordo com Flores (2016, p. 03), em entrevista concedida a Almeida e Carvalho (2016),

O primeiro processo é por uma autoclave, que é uma máquina quem tem a função de esterilizar, ou seja, exterminar com os vírus e bactérias presentes no lixo. Em seguida, o material deveria ser incinerado. Por fim, levado para uma célula específica do aterro sanitário, onde, sem oferecer mais riscos seria aterrado.

Nesta perspectiva, evidenciou-se que o processo de armazenamento temporário na maternidade é inexistente, devido aos pontos de coleta dos resíduos serem próximos a etapa do armazenamento externo, ou seja, a coleta é realizada em todos os setores da unidade, conforme o colaborador responsável, efetuando o recolhimento, posteriormente é realizado o traslado, destinado diretamente à sala de resíduos (Figura 5).

Figura 5. Depósitos dos resíduos – armazenamento



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

É realizada a estocagem dos resíduos em bobonas, esses recipientes como vistos na figura 4 não são identificados. O ambiente é considerado inadequado, o local onde fica os resíduos do tipo A, apresenta uma precariedade notória. O ambiente não possui as condições mínimas

estabelecidas nas normas, uma vez que, não poderá ser feito armazenamento temporário com disposição direta dos sacos sobre o piso ou sobre piso, sendo obrigatória a conservação dos sacos em recipientes de acondicionamento.

O local é identificado como sala de resíduo que foi construído recentemente, entretanto, é estabelecido pela legislação que, a sala para guarda de recipientes de transporte interno de resíduos deve ter pisos e paredes lisas e laváveis, sendo o piso, além disso, resistente ao tráfego dos recipientes coletores. Deve possuir iluminação artificial e área suficiente para armazenar, no mínimo, dois recipientes coletores, para o posterior traslado até a área de armazenamento externo. Para melhor higienização é recomendável a existência de ponto de água e ralo sifonado com tampa escamoteável. O que diante da pesquisa, não foi confirmado. Logo após o armazenamento os RSS são encaminhados para tratamento antes do descarte final (FLORES, 2016). Com isso, Ferreira (2014, p. 44), prever que

Há várias formas de se proceder ao tratamento dos RSS, como exemplo pode-se citar a desinfecção química ou térmica. As tecnologias de desinfecção mais conhecidas são a autolavagem, micro-ondas e a incineração [...] Tais tecnologias permitem que os resíduos tratados sejam encaminhados para o circuito normal dos resíduos sólidos urbanos, sem qualquer risco para a saúde pública.

Desta forma, apurou-se que sobre tratamento prévio, pode ser observado que a maternidade não realiza nenhum tipo de tratamento do lixo hospitalar gerado pelas suas respectivas atividades. Isso implica nos impactos que esses resíduos podem causar ao meio ambiente de um modo geral, não somente àqueles que lidam diretamente com os resíduos, como também ao próprio meio ambiente natural como um todo. Conforme Pereira e Costa (2017), a sistemática do processo de coleta, transporte e disposição final dos resíduos é uma sistemática do nosso cotidiano (história em movimento e estruturação do espaço) da cidade sendo sua execução indispensável, visto que a não regularidade da coleta ocasiona diversos impactos seja na natureza ou na sociedade, ocasionando muitos problemas ao meio ambiente. Assim, “o êxito no manejo adequado em uma instituição de saúde ultrapassa os seus limites, beneficiando a comunidade local e o entorno” (MARANHÃO; SOUZA; TEIXEIRA, 2015, p.45).

Para concluir a observação do gerenciamento dos RSS e atender a legislação brasileira e PNRS (MMA, 2010) a disposição final deve cumprir os critérios técnicos de construção e operação, no qual é obrigatório licenciamento ambiental de acordo com a Resolução Conama nº 237/97. A RDC Anvisa nº 306/2004 e a Resolução Conama nº 358/2005 descrevem a disposição final específica para cada grupo de RSS.

O estabelecimento em estudo possui licenciamento ambiental, e no que diz respeito à fiscalização e/ou registro de notificações dos órgãos competentes responsáveis pelo gerenciamento dos RSS, é inexistente a inspeção acerca das atividades no atendimento à saúde e os cuidados com o gerenciamento dos RSS. Somado a isso, falta profissional técnico que esteja à frente da elaboração do Plano de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde – PGRSS para a unidade conforme as normas da Anvisa 306/2004 e Conama 358/2005. Conforme a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 306, publicada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, em 07 de dezembro de 2004, é de responsabilidade do hospital elaborar, desenvolver, submeter às autoridades competentes e implantar o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde.

Quanto à disposição final dos resíduos constatou-se formas distintas para dos diversos tipos de resíduos. A disposição do lixo comum é feita em um local na frente da maternidade. De responsabilidade da Prefeitura Municipal a coleta e disposição final. Questionada sobre o local, foi informado que sempre foi colocado neste ponto, uma vez que, se não colocar naquele ambiente, o transporte público não coletaria. O lixo do tipo D, fica em local aberto, na rua, a

espera do caminhão da coleta, exposto a tudo. No tocante ao RSS a maternidade terceiriza uma empresa, denominada *Sterelize*, que possui sede na cidade de Rafael Fernandes, há 09(nove) quilômetros da cidade de Pau dos Ferros. Esta empresa é responsável pela coleta e destinação final dos Resíduos de Serviços de Saúde gerados na Unidade em estudo responsável pelo processo logístico final dos resíduos. A coleta é realizada de uma a duas vezes por semana, dependendo do movimento em cirurgias, no qual é realizado o processo de pesagem da quantidade de resíduos produzidos para efetuação do pagamento aos serviços da empresa. A empresa realiza apenas a destinação final dos resíduos hospitalares dos grupos A, B, C e E. O transporte responsável pelo traslado dos resíduos do hospital até disposição final é totalmente adequado e seguro conforme as normas vigentes.

CONCLUSÕES

A maternidade em estudo é um potencial gerador de RSS, a proposta de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, e um trabalho de sensibilização para as pessoas que trabalham nesse ambiente são ferramentas de extrema urgência. O estudo teórico realizado possibilitou analisar a base de informações legais e normativas referentes ao gerenciamento dos RSS, ao mesmo tempo em que a entrevista e observações “*in loco*”, possibilitaram enfatizar a importância da gestão ambiental e do gerenciamento integrado dos RSS, conforme objetivos propostos neste trabalho.

No tocante ao manejo dos resíduos gerados no estabelecimento estudado constatou-se falhas em todas as suas etapas. As falhas observadas não estão associadas apenas às etapas operacionais do manejo, podem ser vistas também estrutura física, nos recursos materiais e humanos desses estabelecimentos. O risco ocupacional e a falta de segurança para os trabalhadores são resultados consequentes do manejo inadequado dos RSS. Acredita-se que existem de fato possíveis impactos ambientais e à saúde humana, gerados pelos RSS, assim como as normas mencionadas pela Anvisa 306/2004 e Conama 358/2005 não estão sendo cumpridas.

Diante disso, a metodologia é eficiente para investigar o gerenciamento dos RSS e pode-se concluir que há a necessidade crucial de se desenvolver um programa de treinamento permanente dos profissionais ligados ao manuseio dos resíduos de serviços de saúde com o propósito de divulgar informações básicas sobre gerenciamento de RSS, elaborar um PGRSS como proposto pela legislação, e assim, contribuir para diminuição dos problemas socioambientais relacionados ao manejo e descarte inadequado dos RSS. Como recomendação relevante referente às atividades executadas no estabelecimento estudado e aos profissionais de saúde envolvidos na gestão dos Resíduos de Serviços de Saúde, sugere-se divulgação do presente trabalho como forma de orientação para a elaboração e aplicação do PGRSS, e como fonte de aprofundamento de pesquisa para futuros trabalhos nessa área.

REFERÊNCIAS

BRASIL. ANVISA. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde** / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

_____. Norma Regulamentadora 6 - NR 6. Equipamento de proteção individual (EPI). Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR6.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

_____. Resolução CONAMA Nº 05/1993. Define as normas mínimas para tratamento de resíduos sólidos oriundos de serviços de saúde, portos e aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 31 ago., Seção 1. Brasília, 1993.

_____. Resolução CONAMA Nº 283/2001. Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 01 out., Seção 1. Brasília, 2001.

_____. Resolução ANVISA RDC Nº 306/2004, Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 10 dez., Seção 1. Brasília, 2004. Disponível em:
<<http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B20735-1-0%5D.PDF>>. Acesso em 02 abr. 2018.

_____. Resolução CONAMA No. 358/2005. Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde. Diário Oficial da União, 01 out., Seção 1. Brasília; 2005. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>>. Acesso em 16 abr. 2017.

_____. Lei No. 12.305 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, 3 ago., Seção 1. Brasília; 2010. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em 12 jan. 2018.

BENTO, G. et al. **O gerenciamento de resíduos de serviço de saúde sob a ótica dos profissionais de enfermagem**. rev.enferm. vol.26 no.1 Florianópolis 2017 Epub Mar 27, 2017. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-07072017000100313&lng=en&tlng=en>. Acesso em 10 de jan. 2018.

CAFURE, V. A. e PATRIARCHA-GRACIOLLI, S. R. **Os resíduos de serviço de saúde e seus impactos ambientais: uma revisão bibliográfica**. versão On-line ISSN 1984-042X Interações (Campo Grande) vol.16 no.2 Campo Grande jul./dez. 2015. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1590/151870122015206>>. Acesso em 20 de abr. 2018.

CLOCK, D.; OLIVEIRA, T.M.N. **Os resíduos sólidos dos serviços de saúde na ótica da saúde ambiental**. Ebook ISBN 978-85-7946-287
Disponível em: < <https://www.dropbox.com/s/dmxsvd1a2han61m/Epersol2017-ebook-gestaointegrada.pdf?dl=0> >. Acesso em 05 de abr. 2018.

FERREIRA, I. D. **Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: orientações para os serviços em odontologia – Juiz de Fora**, 2014. Disponível em:
<<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC-INGRID-DELGADO-FERREIRA.pdf>>. Acesso em 26 fev. 2018.

GABRIEL, M. O.; ZANQUETTO FILHO, H.; OLIVEIRA, M. P. V. As Unidades Básicas de Saúde na Rede de Saúde de Vitória - ES . **Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde**, v. 14, n. 2, p. 34-48, 2017. Disponível em:< <http://www.spell.org.br/documentos/ver/48308/as-unidades-basicas-de-saude-na-rede-de-saude-de-vitoria---es-/i/pt-br>>. Acesso em 20 mai. 2018

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GOMES, P. R. **Contribuições para elaboração e operacionalização de um plano de gerenciamento integrado de resíduos de serviços de saúde (PGIRSS) em Ouro Preto/MG**. 2008. Disponível em:
<<http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2285>>. Acesso em 20 jan. 2018.

GUTERRES, C. E. et al. **Avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos de serviços de saúde: Estudo de Caso**. Ebook ISBN: 978-85-7946-313-6 Disponível em:
<https://www.dropbox.com/s/hyonelf145oc6zk/ebook_impacto_%20socioamb-min.pdf?dl=0>. Acesso em: 05 de abr. 2018

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:
<<https://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?codmun=230427>>. Acesso em 07 jan. 2018.

MAHLER, C. F. e MOURA L. de L. **Resíduos de Serviços de Saúde (RSS): Uma abordagem qualitativa**. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação. RISTI nº26. DOI:

10.17013/risti.23.46–60. 2017. Disponível em: <
http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-98952017000300005>. Acesso em 21 mai. 2018.

MAIA NETO, F. **A sustentabilidade na construção civil**. Revista de Imóveis, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: < <https://www.revistas.usp.br/gestaoedeprojeto/article/viewFile/50953/55034>>. Acesso em: 20 de abr. 2018.

MARANHÃO, R. A.; SOUZA, M. T. S.; TEIXEIRA, C. E. Gestão de resíduos de serviço de saúde em organização militar: um estudo de caso na Marinha do Brasil . **Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde**, v. 12, n. 2, p. 44-60, 2015. Disponível em:
<<http://revistas.face.ufmg.br/index.php/rahis/article/view/2380>>. Acesso em 21 mai. 2018.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

OLIVEIRA, A. C. et all. **Aprendizagem organizacional, educação ambiental e plano de gestão de resíduos em unidades de saúde: Recife-PE**. Ebook ISBN 978-85-7946-287
Disponível em: < <https://www.dropbox.com/s/dmxsvd1a2han61m/Epersol2017-ebook-gestaointegrada.pdf?dl=0> >. Acesso em 05 de abr. 2018.

PEREIRA, U. A; COSTA, R. C. **Impactos do lixo na cidade de Manaus – AM**. Ebook ISBN 978-85-7946-287-0 Disponível em: < <https://www.dropbox.com/s/dmxsvd1a2han61m/Epersol2017-ebook-gestaointegrada.pdf?dl=0>>. Acesso em 05 de abr. 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SANCHES, C.; RAMOS, S. **Gestão dos resíduos dos serviços de saúde do município de Anápolis-GO**. 2008. Disponível em:
<<http://www.unievangelica.edu.br/files/images/curso/mestrado.mstma/2008/cleliana%20sanches%20-%20gest%C3%A3o%20dos%20res%C3%ADduos.pdf>>. Acesso em 22 out. 2017.

SILVA, C. E.; HOPPE, A. E. Diagnóstico dos Resíduos de Serviço de Saúde no interior do Rio Grande do Sul. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 146-151, 2005. Disponível em: <
<http://web-resol.org/textos/a08v10n2.pdf> > Acesso em 21 de abr. 2018.

SILVA L.E.S.S, OLIVEIRA J.S.B, EVANGELISTA T.J. et al., Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: atenção básica e hospitalar. **Rev. Gestão & Saúde (Brasília)**. Vol. 08, n. 02, maio. 2017. Disponível em < <http://periodicos.unb.br/index.php/rgs/article/view/24238> > Acesso em 20 de mai. 2018.

SILVA, R. A. J. et al. **Gerenciamento de Resíduos sólidos de serviços de saúde: planejamento para destinação ambientalmente correta**. Ebook ISBN 978-85-7946-287
Disponível em: < <https://www.dropbox.com/s/dmxsvd1a2han61m/Epersol2017-ebook-gestaointegrada.pdf?dl=0> >. Acesso em 05 de abr. 2018.

SOUZA, E, L. de. **Contaminação ambiental pelos resíduos de serviços de saúde. Faculdades Integradas Fafibe – Bebedouro - SP**, 2016. Disponível em:
<<http://www.unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/revistafafibeonline/sumario/10/19042010093412.pdf>> Acesso em: 20 jan. 2018.

VERGARA S. C. **Projetos e relatórios da pesquisa em administração**. – 9. Ad. – São Paulo: Atlas, 2007.

3.8. GERAÇÃO DE BIOGÁS ATRAVÉS DA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE LODO DE UMA INDÚSTRIA CERVEJEIRA

OLIVEIRA, Yslaine MaiaraRamos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)
yslainemaiara@hotmail.com

HOLANDA, Sávio

Eng. Civil-Geotecnia pela UFPE, Grupo de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Pernambuco
savioholanda@hotmail.com

LIMA, Layane Maria Gomes

IFPE
layaneg37@gmail.com

FIRMO, Alessandra Lee Barbosa

IFPE
alessandra.lee@gmail.com

RESUMO

O biogás, fonte de energia renovável, tem como produto final o gás metano, que é 21 vezes mais poluente que o dióxido de carbono e, pensando nisso, tem-se investido em tecnologias que usam recursos energéticos renováveis a fim de minimizar a emissão de poluentes ao meio ambiente. Esta pesquisa delimita-se ao objetivo geral de avaliar a produção do biogás a partir da biodegradação de efluentes e lodos biológicos produzidos na ETE de uma indústria cervejeira. Para isto, foram estudadas as políticas públicas que incentivam a produção de biogás no país, o processo de produção de cerveja e tratamento de seus efluentes. A metodologia consistiu em analisar o potencial de geração do metano, através de ensaios analisados a partir de amostras obtidas diretamente da Cervejaria Itapissuma, foram avaliadas através de análises físico-químicas como, por exemplo, DBO, DQO, temperatura e pH e também será discutido dados em relação ao ensaio BMP (Potencial de Geração de Metano). Os resultados mostraram que o potencial de geração de biogás foi maior no ensaio onde havia a mistura de lodo anaeróbio com efluente, já nos outros ensaios onde o potencial de geração foi menor pode ter ocorrido fatores que geraram a inibição da produção de biogás como a relação carbono/nitrogênio e até mesmo competições que comprometeram a função das bactérias no sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaio BMP; Efluentes; Potencial de gás.

INTRODUÇÃO

A globalização tem causado grandes avanços tecnológicos e, portanto, um aumento considerável no consumo de matéria-prima e de energia para que seja possível atender à crescente demanda por bens de consumo. Em consequência, aumentam-se as cargas poluidoras provenientes dos resíduos, efluentes que são lançados e descartados ao longo da cadeia produtiva. Em 2010 o Brasil obteve intenso incentivo governamental para a implantação de novas fontes energéticas, com o objetivo da preservação ambiental e alternativas de energias renováveis, mas com eficiência energética para a demanda do país. No Plano Nacional de Mudança de Clima (DECRETO Nº 7.390/2010), foi apresentado o processo de expansão da oferta hidrelétrica, da oferta de fontes alternativas renováveis, notadamente centrais eólicas, pequenas centrais hidrelétricas e bioeletricidade, e em especial, o incentivo da oferta de biocombustíveis.

Segundo Percora (2006), a emissão de biogás para a atmosfera provoca impactos negativos ao meio ambiente e para a sociedade, na medida em que contribui para o agravamento do efeito estufa através da emissão de metano para a atmosfera, contudo, sendo bem utilizado, especialmente em aplicações de caráter energético, o biogás tem um papel fundamental, em parte por sua contribuição para a questão ambiental, na garantia do suprimento de energia e na redução das tarifas de energia, capaz até mesmo de elevar a matriz energética brasileira. Isso ocorre pelo fato de ser uma fonte de energia que é renovável, sendo uma forma de obter energia que pode auxiliar na diminuição da dependência dos combustíveis fósseis como fonte de energia, a qual é largamente utilizada na modernidade.

A cadeia produtiva tratada neste trabalho refere-se à produção de cerveja. Os resíduos de uma cervejaria são ricos em matéria orgânica, e por isso, faz-se necessário um tratamento cuidadoso dos resíduos gerados no processo para que o descarte/destinação final desses resíduos respeite os padrões exigidos pela Legislação Ambiental vigente. No decorrer do tratamento de efluentes do processo cervejeiro há acúmulo de resíduos que são capazes de gerar biogás, que é um material que pode ser utilizado na geração de energia elétrica. Coelho et al. (2006) diz que o aproveitamento do biogás, produto do tratamento de esgoto, para geração de energia ocasiona uma redução no potencial de poluição do meio ambiente, uma vez que é composto por acentuada concentração de gás metano (CH_4), cerca de 21 vezes superior ao dióxido de carbono (CO_2), no que se refere ao efeito estufa.

Além de grande geradora de efluentes, a indústria cervejeira também produz grande quantidade de resíduos, incluindo os resíduos da estação de tratamento de efluentes (ETE), como os lodos biológicos aeróbios e anaeróbios, os quais devem ser devidamente gerenciados. Desta forma, o objetivo estratégico deste trabalho consiste em avaliar a produção de biogás a partir do efluente e lodos biológicos aeróbios e anaeróbios produzidos em uma ETE de uma indústria-cervejeira e demonstrando a viabilidade dessa operação.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O biogás pode ser obtido na degradação da matéria orgânica, é composto principalmente por gás metano; é um gás de efeito estufa que contribui com o aquecimento global. Na literatura os estudos mostram que o biogás é um gás inflamável, incolor e insípido, com mau cheiro atribuído ao gás sulfídrico que é o componente de menor porcentagem (DEUBLEIN, STEINHAUSER, 2008). O processo utilizado para a liberação do biogás nesse experimento é a digestão anaeróbica, ou seja, degradação de matéria orgânica sem a presença de oxigênio no processo.

O processo de digestão anaeróbia é realizado por vários grupos de microrganismos, que atuam em condições ambientais específicas. Este processo é amplamente difundido em todo o mundo, devido às suas vantagens, que são: baixa energia requerida, fácil manuseio por operadores

de plantas de biodigestão e produtos (biogás e biofertilizante) de elevada qualidade e utilidade industrial (WANG et al., 2017).

A biodigestão anaeróbia envolve quatro fases distintas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. A hidrólise é uma fase limitante do processo, onde proliferam-se os microrganismos capazes de degradar compostos orgânicos de cadeia longa (alto peso molecular), transformando-os em compostos com baixo peso molecular. Na fase seguinte, denominada acidogênese, ocorre a formação de grande quantidade de ácidos orgânicos (ácidos propiônico, butírico, etc.), caracterizada por um baixo pH e carga orgânica elevada. Na acetogênese, há a predominância de ácido acético, o qual é matéria-prima utilizada pelo microrganismos acetoclásticos para a formação do metano. A metanogênese é caracterizada pela alta quantidade de microrganismos metanogênicos. A metanogênese caracteriza-se por apresentar pH entre 7,0-8,0 e baixa carga orgânica e demanda química de oxigênio (DQO) (WANG et al., 2014; LEE et al., 2014; KITA et al., 2016).

Com suas propriedades físicas e químicas semelhantes às do gás natural, embora com um menor teor de metano, o biogás pode ser utilizado como fonte de energia para diversas finalidades, tais como o calor (através da queima em caldeiras), vapor, eletricidade, hidrogênio, etanol, metanol, biodiesel e metano (CHYNOWETH, et al., 2001).

As fontes para a produção de biogás abrangem uma vasta gama de matérias-primas, incluindo os resíduos animais, resíduos domésticos, resíduos vegetais, lodo de esgotos domésticos e industriais, águas residuais e aterros (KAPDI et al., 2005). Portanto, além de eliminar os resíduos de formas adequadas para ajudar a resolver os problemas de poluição, o processo de produção de biogás pode também fornecer uma fonte de energia barata e renovável, contribuindo para a conservação dos recursos fósseis, como gás natural, petróleo ou carvão, que estão se esgotando rapidamente (LIMMEECHOKCHAI; CHAWANA, 2007; PRASERTSAN; SAJJAKULNU KIT, 2006).

METODOLOGIA

Caracterização da Cervejaria

O ambiente escolhido para a realização desse trabalho foi uma cervejaria de grande porte localizada na Cidade de Itapissuma, no Estado de Pernambuco. A empresa foi denominada fantasiosamente de Cervejaria Itapissuma para a preservação de dados sigilosos. A média de fabricação de cerveja na empresa é de cerca de 10.000 de hectolitros de cerveja por mês (Cervejaria Itapissuma, 2013).

Em média, a indústria estudada consome 3,4 litros de água por litro de cerveja evasada. Portanto, em média, 1 litro de água vai para a cerveja e os 2,4 litros restantes se transformam em efluentes que vão para a estação de tratamento de efluentes (ETE). Segundo Zaharia e Suteu (2013), efluente é a água que sobra de vários processos industriais ou mesmo de uso doméstico, sendo ela sempre carregada de substâncias orgânicas ou inorgânicas.

Os efluentes da produção de cervejas são, em geral, oriundos da limpeza de caldeiras de caldas, mostura e lúpulo, tubulações e filtros, *whirpoll*, trocadores de calor, tanque de leveduras, garrafas de vidro, barris de aço ou madeira e latas de alumínio, caixas plásticas e pisos, etc. (TERA AMBIENTAL, 2013). Nos processos de fermentação, maturação e filtração há uma geração de volume cerca de 5% do volume total de efluentes gerados, porém os mesmos são responsáveis por praticamente 95% da carga orgânica total. Na sanitização e limpeza dos tanques, como nos de fervura, filtração e fermentação, os efluentes também possuem valores elevados de carga orgânica e sólidos em suspensão.

A composição destes efluentes é fortemente influenciada pelo tipo de cerveja fabricado, qualidade dos processos de filtração, tipo de aditivos eventualmente acrescentados e eficiência dos processos de limpeza de equipamentos. De acordo com Kafle et al. (2013), a indústria de cervejaria tem o potencial metanogênico de 0,316 m³ CH₄.kgSV⁻¹ b.s, ou seja, isso significa um potencial bastante considerável, em comparação a outros substratos orgânicos.

Já a ETE da cervejaria é composta por um sistema de tratamento que inclui separação de sólidos, dosagem de químicos e tratamentos aeróbios e anaeróbios. A média de eficiência desta estação com relação ao teor de carga orgânica é aproximadamente 80%, comparando os valores da Demanda química de Oxigênio (DQO) na saída da estação. A (Figura 1) apresenta as etapas envolvidas no tratamento de efluentes da cervejaria estudada.

Figura 1: Fluxograma do processo geral do tratamento de efluentes da Cervejaria Itapissuma.



Fonte: Manual ETE (2013)

Coleta de amostras

O foco principal consistiu em analisar o potencial de geração de biogás do lodo anaeróbio, aeróbio e do efluente equalizado. As amostras de efluente equalizado, lodos anaeróbio e aeróbio foram coletadas na Estação de Tratamento de Efluentes Industriais da Cervejaria Itapissuma. A de efluente equalizado foi coletada no ponto de coleta do tanque de equalização, a do lodo anaeróbio foi coletada no ponto de coleta do reator anaeróbio UASB e a do lodo aeróbio foi coletada no ponto de coleta do tanque de lodo ativado. As amostras tiveram a metodologia de coleta de uma por vez.

Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas foram realizadas tanto no efluente equalizado quanto no lodo aeróbio e anaeróbio. As amostras coletadas foram caracterizadas em termos de demanda bioquímica por oxigênio (DBO), demanda química por oxigênio (DQO), potencial hidrogeniônico (pH) e o ensaio do potencial bioquímico de metano (BMP). Para a caracterização da demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio e potencial hidrogeniônico, a metodologia adotada para seguiu os padrões estabelecidos pelo Standard Methods (APHA, 2005).

Para realizar as análise de pH e temperatura foram coletadas amostras em béqueres de 50 mL as quais foram analisadas em um pHmetro e Oxímetro de bancada e termômetro no laboratório da própria Estação de Tratamento da Cervejaria Itapissuma. Os ensaios de DBO, DQO e pH foram realizados seguindo a metodologia definida em Standard Methods (APHA, 2005), sendo o pH medido diretamente em campo. De acordo com Fabisak (2016), é importante que alguns parâmetros como pH devam ser controlados para que se encontrem em faixas ótimas para que ocorra a digestão anaeróbia e a produção de biogás e metano. Para a geração eficiente, o pH ideal é o neutro, que fica numa escala de 6 a 8. Uma alta taxa de metanogênese só ocorre quando o pH se mantém em uma faixa próxima do valor neutro. Um pH menor que 6,3 ou maior que 7,8 provoca uma diminuição rápida na metanogênese (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994).

A DBO é um parâmetro que retrata a quantidade de oxigênio requerida para ocorrer a oxidação da matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbias. O aumento da DBO ocorre quando existe material predominantemente orgânico. Quando existe um alto teor de matéria orgânica isto pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água. Segundo a resolução 430 de 2011 do CONAMA tem-se que os parâmetros ideais a DBO de 5 dias a 20°C até 5 mg/L. Já análise da DQO mede a quantidade de oxigênio dissolvido consumido em meio ácido que leva à degradação de matéria orgânica (ESTEVES, 2010).

Em relação DBO/ DQO, a DQO é muito útil para observar a biodegradabilidade dos despejos. Borges (2016) reporta que o nível de biodegradabilidade de um resíduo pode ser indicado pela razão DQO/DBO. Quanto menor for o valor desta razão, maior será seu nível de biodegradabilidade e quanto maior esta razão, menos biodegradável será o efluente. De acordo com Firmo (2013) e Nikraz (2014), nas fases iniciais da biodegradação, o índice de biodegradabilidade (DBO/DQO) varia entre 0,7- 0,9, pois os microrganismos hidrolíticos e acidogênicos requerem grande quantidade de oxigênio para a realização das suas funções metabólicas. Já para a flora microbiana metanogênica, o referido índice gira em torno de 0,2- 0,3. Isto se dá devido à redução considerável da biodegradação, ou seja, considerando tanto o oxigênio consumido por via biológica, quanto o oxigênio consumido por via físico-química, à medida que é reduzida também a carga orgânica presente nos biodigestores.

Potencial de Geração de Biogás – Metodologia BMP

O ensaio de BMP foi realizado seguindo a metodologia definida em Hansen et al. (2004). Resumidamente, o ensaio realizado consiste em analisar o desenvolvimento da biodigestão anaeróbia com inóculo, em condição anaeróbia, a fim de determinar a produção máxima de biogás. A biodigestão anaeróbia é uma alternativa viável com relevante aplicabilidade, visando o tratamento e aproveitamento energético dos resíduos através da ação bacteriana presentes no próprio resíduo (VALENÇA, 2016). Este ensaio é largamente utilizado devido, sobretudo, à sua adaptabilidade aos diversos substratos (matéria-prima) que podem ser submetidos ao estudo, e à facilidade de execução do ensaio (ANGELIDAKI et al., 2009; THYGESEN et al., 2014; WANG et al., 2016). Conforme Silva & Morais (2016), o teste do BMP monitora o volume do biogás gerado em uma fração de resíduos, avaliando a capacidade de biodegradação dos resíduos através da produção total de CH₄. O volume de CH₄ é obtido analisando o teor volumétrico desde componente no biogás por meio de análise cromatográfica. Mais detalhes destes experimentos podem ser obtidos em Alves (2008) e Firmo (2013).

De acordo com Bezerra (2014), de maneira geral o procedimento consiste na utilização de uma pequena fração de resíduo sólido, previamente cortada e triturada, colocada em um frasco de vidro e inoculada com uma fração de lodo de digestor anaeróbio de estações de tratamento de esgoto (ETE). Os ensaios são monitorados através de medições constantes de pressões e temperaturas internas além da pressão ambiente.

Neste trabalho, o foco principal consistiu em analisar o potencial de geração de biogás do lodo anaeróbio, aeróbio e do efluente equalizado. A amostra de efluente equalizado (E) foi coletada diretamente no tanque de equalização, a do lodo anaeróbio (LAn) no ponto de coleta do reator anaeróbio UASB existente e a de lodo aeróbio (LAe) no ponto de coleta do tanque de lodo ativado. Os ensaios BMP foram realizados em triplicata, para uma maior confiabilidade de seus resultados. Para a realização das análises foram utilizados as quantidades, efluente equalizado e lodo aeróbio e anaeróbio descritos no (Quadro 1). De posse do volume acumulado e das massas secas utilizadas em cada um dos ensaios, foi possível calcular o potencial de geração de biogás obtido. Este potencial foi calculado baseando-se no trabalho desenvolvido por Firmo (2013), que faz uso da razão entre o volume máximo acumulado produzido por cada cenário (por exemplo, E+LAn), em mL, e sua respectiva massa total seca, em gS.

Quadro 1 : Quantidades adotadas para a avaliação da produção de biogás utilizando o ensaio BMP

ENSAIO BMP	Volume	Massa Úmida (g)	Teor Umidade (%)	Massa Seca Total (gS)
1	E- 90 mL	E- 166,29 g	E- 95%	16,56 gS
	LAn- 10mL	LAn- 27,5 g	LAn- 70%	
2	LAe- 80 mL	LAe- 304,39g	LAe-90%	46, 97 gS
	LAn- 20 mL	LAn- 55,14g	LAn-10%	
3	LAn- 100 mL	LAn-275,79g	LAn-70%	82,73 gS

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta etapa são apresentadas as características dos efluentes e lodos aeróbios e anaeróbios estudados. Os principais resultados obtidos da caracterização desses três materiais estão apresentados no (Quadro 2).

Quadro 2 – Caracterização das coletas do efluente equalizado, lodo aeróbio e lodo anaeróbio.

Análises Físico-químicas	E	LAn	LAe
pH	6,8	7,4	7,9
Temperatura	32,0	31	30,5
DBO (mgO ₂ /L)	5.304	3.905	2.087
DQO (mgO ₂ /L)	6.250	4.415	2.480
Relação do DBO/DQO	0,85	0,84	0,88

O efluente analisado está na faixa ideal de pH para a produção de biogás, assim como os efluentes contidos no lodo aeróbio e anaeróbio. Em relação à temperatura, os efluentes analisados estão dentro do parâmetro ideal. A DBO, a DQO e a relação das demandas também são adequadas para a produção de biogás em ambiente anaeróbio. A partir dos resultados satisfatórios dos parâmetros observados, o experimento foi realizado (Quadro 3).

Quadro 3 – Picos da taxa de geração de biogás diariamente

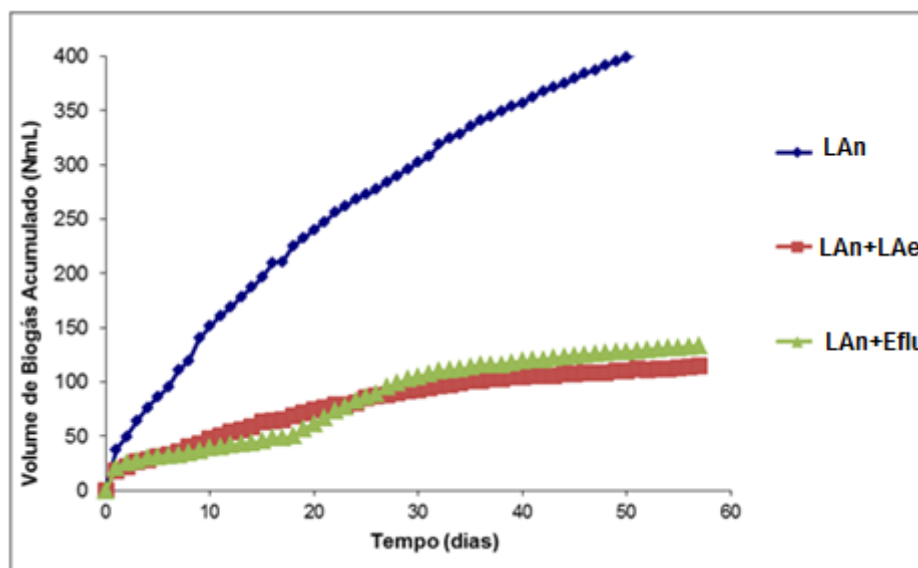
Dias	Lodo Anaeróbio (Lan)	Lodo Anaeróbio + Lodo Aeróbio (Lan + Lae)	Lodo Anaeróbio + Efluente Equalizado (Lan + Eflu)
1	37,53 Nml /dia	19,01 ml /dia	21,17 ml /dia
2	24,70 Nml/dia	10,55 ml/dia	12,71 ml/dia
3	21,13 Nml/dia	8,00 ml/dia	8,96 ml/dia

Analisando o que ilustra o comportamento da geração de biogás nas amostras, observa-se que, de maneira geral, a amostra que contém somente o lodo anaeróbio foi a que mais produziu biogás, a taxa máxima de 37,53 Nml/dia. O que pode ter ocorrido foi o fato de o lodo anaeróbio, estando no meio anaeróbio, em condições de temperatura e pressão ideal, conseguiu gerar um maior pico de gás. É possível, da mesma forma, observar as misturas com os efluentes e o lodo aeróbio apresentaram geração bem menor, sendo importante avaliar as massas diferentes utilizadas em cada um dos ensaios.

Alves (2008) comparou o comportamento da geração do biogás mencionando que a seguinte geração de biogás nos lodos ocorre de forma mais acelerada, ao contrário dos resíduos, que apresenta um comportamento de geração mais lento e gradual. Sendo assim, no gráfico do volume de biogás acumulado (Figura 2), o lodo anaeróbio foi

significativamente superior às amostras contendo misturas do lodo anaeróbio com efluente e com lodo aeróbio.

Figura 2 :Volume acumulado de biogás, em NmL, referente aos cenários estudados, durante 60 dias.



Pode-se dizer que a produção de biogás do ensaio contendo apenas lodo anaeróbio tendo como referência a média das três amostras, teve como valor acumulado de biogás 424,10 NmL, durante 57 dias. Já a taxa de geração máxima foi de 37,53 NmL/dia no primeiro dia da análise. Analisando o ensaio contendo lodo anaeróbio + efluente, tem-se que em relação ao valor acumulado de biogás nos 57 dias foi de 133,09 NmL e taxa de geração máxima que ocorreu no primeiro dia de análise foi de 21, 17 NmL/dia, valores pelos menos duas vezes menor do que o que foi obtido no ensaio do lodo anaeróbio. Tratando do ensaio contendo o lodo anaeróbio + aeróbio tem-se que em relação ao valor acumulado de biogás de 114,39 NmL/dia e a taxa de geração máxima foi de 19,01 NmL/dia.

Em relação ao comportamento da taxa de geração de biogás (NmL/dia), foi verificado no quadro 3, que a maior taxa de geração foi obtida nos primeiros 3 dias que mostra a capacidade acelerada de geração de biogás por parte do lodo. Aplicando a equação do potencial de geração de biogás ao caso prático, obteve-se como resultado que o potencial de geração do biogás do ensaio de lodo anaeróbio + efluente foi maior do que todos os outros ensaios, seu resultado foi de 8,03 NmL/gS. Em segundo lugar ficou o lodo anaeróbio com o resultado de 5,12 NmL/gS, e o que teve o menor potencial foi o de lodo anaeróbio+ lodo aeróbio com resultado de 2, 43 NmL/gS.

Comparando a resultados de outras pesquisas o valor do potencial de geração biogás nessa pesquisa foi muito baixo. Alves (2008) utilizando-se do ensaio de BMP a fim de obter o potencial de geração de biogás de um ensaio contendo de Lixo e Lodo, teve como resultado o potencial no valor de 124,5 NmL/gS. Já Firmo (2013) utilizando-se do ensaio de BMP a fim de obter o potencial de geração de um lodo teve como resultado o valor de 235,12 NmL/gS.

Há possíveis justificativas para presumir os resultados baixos do potencial de geração do biogás, o primeiro que se pode destacar é o do ensaio de lodo anaeróbio + lodo aeróbio, cujo objetivo inicial era que o lodo anaeróbio quando misturado com o lodo aeróbio pudesse ocasionar uma taxa de geração de biogás crescente, onde o lodo aeróbio serviria de substrato para o lodo anaeróbio. Contudo, o resultado foi o menor obtido nesta pesquisa, pois o seu potencial foi de 2,43 NmL/gS. Neste ensaio há a possibilidade de ter ocorrido disputas microbiológicas, pois tratando-se de bactérias que sobrevivem em meios diferentes, uma que sobrevive na presença de oxigênio (bactérias aeróbias) e a outra que sobrevive na ausência do oxigênio (bactérias anaeróbias) deve ter ocorrido competições que comprometeram a função das bactérias no sistema.

Há também a possibilidade de ter ocorrido uma inibição da degradação na desarmonia da relação Carbono/Nitrogênio (C/N), pois o carbono e o nitrogênio são um dos subprodutos gerados na indústria cervejeira, mas emitidos em baixa escala. Assim faz-se necessário que haja dosagem desses nutrientes para que se possa obter uma relação de C/N adequada para que favoreça o crescimento microbiano e o tratamento adequado do efluente. Nesta pesquisa não se analisou a dosagem desses nutrientes, mesmo assim vale ressaltar que é muito importante que essa relação (C/N) não esteja muito baixa e que a proporção de nitrogênio seja inferior a de carbono.

No processo em que o nitrogênio tem proporção maior do que a do carbono pode ocorrer inibição das bactérias, diminuindo a produção de biogás pelo fato de ter liberação de amônia. Causada pela liberação de amônia, causando deficiência de nitrogênio no processo. A proporção ideal de carbono dependerá de cada tipo de substrato, bem como das condições do processo (Manual Básico do Biogás, 2014). Segundo literaturas acerca do tema, interferências potenciais podem ocorrer durante o ensaio BMP, exemplo disso é quando há altas concentrações de certos compostos que estão presentes na amostra em teste. Isto pode estar ligado à inibição das bactérias metanogênicas ou estimulação de outras vias de decomposição anaeróbia tais como redução de sulfato ou nitrato do ensaio (HARRIES et al., 2001).

Conforme Hansen et al. (2004), o potencial bioquímico de metano pode ser definido como o máximo de metano produzido até durante 57 dias de experimento, uma vez que o nível de produção de metano pode declinar devido à inibição. No ensaio que trata o lodo anaeróbio + efluente, obteve-se o maior potencial de geração de biogás desta pesquisa no valor de 8,03 NmL/gS. A preparação do ensaio teve: 90 mL de efluente equalizado + 10 mL de lodo anaeróbio. Vê-se que a quantidade de lodo anaeróbio no ensaio foi pequena, mas que a interação com o efluente equalizado foi benéfica e acabou por ocasionar o melhor potencial de biogás da pesquisa.

Já o ensaio que trata o lodo anaeróbio, o resultado do potencial de geração de biogás foi de 5,12NmL/gS. Vale ressaltar que este ensaio foi o que resultou a maior taxa de geração de biogás, foi também o que teve maior volume acumulado de biogás, contudo não refletiu para que seu potencial fosse o mais considerável. No geral, nos primeiros 3 dias de análise existiram as maiores taxas diárias de geração de biogás. Pode-se dizer que o que motivou esse resultado foi a ter a presença de matéria orgânica de fácil assimilação pelos microrganismos do sistema, fazendo com que houvesse maior degradação da matéria orgânica, ou seja, a elevada taxa de conversão dessa matéria orgânica em biogás. Até o 10º dia taxa de geração diária do biogás ainda apresentou resultados mais significativos mostrando que ainda tinha material com capacidade de mais fácil degradação no sistema. E após o 20º dia o sistema manteve-se praticamente estável, deixando claro que mesmo que houvesse matéria que pudesse ser convertida em biogás nos sistemas, esta seria de difícil biodegradação.

CONCLUSÕES

Quanto aos ensaios BMP realizados com lodo da ETE cervejaria conclui-se que: Diante das análises realizadas, foi possível perceber que o ensaio de lodo anaeróbio+ efluente obteve o maior potencial de geração de biogás, em relação as outras amostras apresentadas na pesquisa. O lodo anaeróbio apresentou as maiores taxas diárias de geração de biogás e o maior volume acumulado, mas isso não fez com que o ensaio tivesse o maior potencial de geração de biogás que deve ter alguma relação com algum fator de inibição como relação C/N, por exemplo que foi apresentado nas discussões. O lodo anaeróbio + lodo aeróbio obteve o menor potencial de geração de biogás, assim como apresentou também a menor taxa diária de produção de biogás e o menor volume de produção de biogás, em que há a maior probabilidade de ter ocorrido competições entre microrganismos ou até mesmo deficiência ou excesso de nutrientes.

Em números, resume-se que o potencial de geração do de biogás do lodo anaeróbio + efluente equalizado foi de 8,03NmL/gS. Já o potencial do lodo anaeróbio foi de 5,12NmL/gS e o do lodo anaeróbio + lodo aeróbio foi de 2,43NmL/gS. Portanto, como análise geral, pode-se definir que o potencial de geração do biogás dos lodos e fluente da cervejaria não apresentaram

resultados consideráveis, quando comparados aos resultados de Alves (2008) e Firmo (2013) que pode ter ocorrido devido a fatores externos causadores de inibição da biodegradação, como a relação Carbono/Nitrogênio, competições entre microrganismos, enfim o maior resultado de potencial de biogás foi o da mistura do lodo anaeróbio+ lodo aeróbio.

REFERÊNCIAS

ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. (2004) NBR10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT

ALVES, I.R.F.S. **Análise Experimental do Potencial de Geração de Biogás em Resíduos Sólidos Urbanos**. Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife- PE, 2008.

ANGELIDAKI, I.; ALVES, A.; BOLZONELLA, D.; BORZACCONI, L.; CAMPOS, J. L.; GUWY, A. J.; KALYUZHNYI, S.; JENICEK, P.; VAN LIER, J. B. 2009. **Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays**. Water Science & Technology.

APHA. **Standard methods for the examination of water and waste water**, 21st Edn, American Public Health Association, Washington, 2005.

BEZERRA, R. P. L; **Avaliação Geoambiental de Solos Contaminados por Antigos Depósitos de Resíduos Urbanos – Um estudo de caso em Nova Descoberta, Recife – PE** – Tese de Mestrado, 2014.

BORGES, M.A. **Potencial de Geração de Biogás de RSU envelhecido submetidos à Recirculação de Lixiviado**. Disponível em : E-book Tecnologia e boas práticas – EPERSOL 2017

BRASIL. **Lei nº 12.187** de 29 de dezembro de 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm> Acesso em 11 de abril de 2018.

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. vol. 5. Reatores anaeróbios. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1997.

CHYNOWETH, D. P.; OWENS, J. M.; LEGRAND, R. Renewable methane from anaerobic digestion of biomass. **Renewable Energy**, 2001; 22:1–8.

COELHO et. al. **Medidas mitigadoras para a redução de emissões de gases de efeito estufa na geração termelétrica**. Brasília: Dupligráfica, 2000.

CONAMA, **RESOLUÇÃO 12/05/2016**. Rio de Janeiro, Classe 2. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 15/04/2018

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources**. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.

ESTEVEZ, R. A. **Monitoramento Limnológico do rio São Francisco, RJ, Como Ferramenta de Gestão Ambiental para Empresas que o Utilizam como Fonte de Recursos Hídricos**. Universidade Cândido Mendes. PÓS-GRADUAÇÃO “LATO SENSU”. Instituto A VEZ DO MESTRE. Rio de Janeiro, 2010, p. 62.

FABISAK, M. M. **Influência do pH na geração de biogás e metano proveniente da biodigestão anaeróbia de resíduos alimentares**. Disponível em E-book - EPERSOL – 2016.

FIRMO, A.L.B. **Estudo numérico e experimental da geração de biogás a partir da biodegradação de resíduos sólidos urbanos**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2013.

HARRIES C.R.; CROSS C.J.; SMITH R. **Development of a biochemical methane potential (BMP) test and application to testing of municipal**

solid waste samples. In: Proceedings Sardinia, Eighth International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Italy. Cagliari: CISA. v. 1, p. 579-588, 2001.

KAFLE, G. K.; KIM, S. H.; SUNG, K. I. **Ensiling of fish industry waste for biogas production: A lab scale evaluation of biochemical methane potential (BMP) and kinetics.** Bioresource Technology, v. 127, p. 326-336, 2013.

KAPDI, S. S.; VIJAY, V. K.; RAJESH, S. K.; PRASAD, R. Biogas scrubbing, compression and storage: perspective and prospectus in Indian context. **Renew Energy**. v. 30, p.1195–202, 2005.

LEE, A. H.; NIKRAZ, H. 2014. BOD:COD. Ratio as an Indicator for Pollutants Leaching from Landfill. **Journal of Clean Energy Technology**, vol. 2, n. 3.2014

LIMMEECHOKCHAI, B.; CHAWANA, S. **Sustainable energy development strategies in the rural Thailand: the case of the improved cooking stove and the small biogas digester.** RenewSust Energy Rev n. 11, p. 818–37, 2007.

MANUAL BASICO DE BIOGÁS. O biogás. Disponível em :<https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/71/pdf_71.pdf>. Acesso em 12/05/18.

MANUAL ETE. Manual Interno da Estação de Tratamento de Efluentes. Itapissuma. 2013.

PERCORA,V. **Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento de Esgoto Residencial da USP – Estudo de caso.** 152 p. Dissertação de Mestrado – Programa Inter unidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo – PIPGE, 2006.

SALVADORI, S;KONRAD, O; CASARIL, C; LUMI, M. **Geração de biogás a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes na fabricação de proteína isolada de soja.** 2012. Disponível em :<<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/368/1/AlanHeberle.pdf>> Acesso em: 21 de março de 2018

SILVA, G. A ; MORAIS, J. A. Jr. **Proposta de procedimento operacional padrão para o teste do Potencial Bioquímico do Metano aplicado a resíduos sólidos urbanos.** Eng Sanit Ambient | v.21 n.1 | 11-16, 2006.

TERA AMBIENTAL, 2013. **Indústrias de bebidas também geram efluentes para tratamento.** Disponível em : <<http://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/346848/industrias-de-bebidas-tamb-m-geram-efluentes-para-tratamento>> Acesso em: 17 de maio de 2018.

TRUONG, L. V. A.; ABATZOGLOU, N.A H₂S reactive adsorption process for the purification of biogas prior to its use as a bioenergy vector.**Biomass Bioenergy** v. 29, n.2, p.142–51. 2005.

VALENÇA, R. B. **Potencial de geração de biogás a partir da biometanização de resíduos orgânicos de restaurante universitário.** Disponível em : Ebook EPERSOL, 2016.

VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G.Tratamento anaeróbio de esgotos: Um manual para regiões de clima quente. Campina Grande - Paraíba, 240p. 1994.

WANG, B.; BJÖRN, A.; STRÖMBERG, S.; NGES, I. A.; NISTOR, M.; LIU, J.Evaluating the influences of mixing strategies on the BiochemicalMethane Potential test. Journal of Environmental Management, 185, 54-59 , 2017.

ZAHARIA, C.; SUTEU, D. **Coal fly ash as adsorptive material for treatment of a real textile effluent: operating parameters and treatment efficiency.** Environmental Science And Pollution Research, v. 20, n. 4, p. 2226-2235, 2012.

Capítulo 4. Resíduo de construção civil

4.1. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL; ASPECTOS DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E DESTINAÇÃO FINAL

FONSECA, Andréa Catarina Nascimento

Centro de Inovação Tecnológica Aplicada aos Recursos Naturais (CITAR/UFRPE)
cnf.andrea@gmail.com

FORTUNATO, Carla Fernanda

Grupo de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco (GRH/UFRPE)
fortunatocarla@outlook.com

FONSECA, Agnes Camila Nascimento

CITAR/UFRPE
milaafonseca@gmail.com

HOLANDA, Romildo Morant

CITAR/UFRPE

RESUMO

A indústria da construção civil destaca-se pelos benefícios gerados para a economia nacional, entretanto, esse setor também é responsável pelo consumo de grande volume de matérias-primas naturais e pela geração de significativa quantidade de resíduos sólidos. Os impactos ambientais são produzidos ao longo de toda cadeia produtiva, seja pela ocupação de terras, extração de matérias-primas, produção e transporte de materiais, construção de edifícios e como produto a geração e disposição de resíduos. Assim, diante desse contexto, esse trabalho busca por elevar a sustentabilidade dentro do ramo da construção civil, objetivando elucidar as legislações vigentes acerca da temática, referente às legislações da esfera municipal, estadual e federal.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento, Reciclagem, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é de grande importância para a economia, abrangendo desde a extração de insumos até a construção propriamente dita (SILVA et al., 2018). Inúmeros são os benefícios produzidos pelo setor, seja gerando empregos diretos e indiretos, rendas e riquezas, e materializando projetos de infraestrutura que estimulam economia nacional, entretanto, tal atividade, também é responsável pelo consumo de grande volume de matérias-primas naturais e pela geração de significativa quantidade de resíduos (LINS et al., 2018).

Dados da Federação das Indústrias do Distrito Federal (FIBRA), mostram que a construção civil tem grande representatividade na economia, respondendo por 6,5% do Produto Interno Bruto (PIB), sendo o setor com maior empregabilidade da economia nacional (FIBRA, 2017). Brasileiro e Matos (2015), relatam que além da representatividade na economia, é ainda a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente, contabilizando que cerca de 50% dos recursos naturais extraídos estão relacionados à atividade de construção.

Nos municípios brasileiros as principais origens dos Resíduos de Construção Civil são de reformas, ampliações e demolições, estima-se que no Brasil a geração desses resíduos represente em média de 300 a 500 kg hab.⁻¹ ano⁻¹. Na Região Metropolitana do Recife (RMR), esses números correspondem de 3.000 a 4.000 ton. dia⁻¹, mas apenas 3% são depositados em locais licenciados pelos órgãos ambientais (GUSMÃO, 2008). A sustentabilidade na construção civil hoje é um tema de extrema importância, já que essa indústria causa um grande impacto ambiental ao longo de toda a sua cadeia produtiva. Esta inclui ocupação de terras, extração de matérias-primas, produção e transporte de materiais, construção de edifícios e geração e disposição de resíduos sólidos. Além disto, do setor ser grande contribuinte do desenvolvimento socioeconômico (BAPTISTA JÚNIOR; ROMANEL, 2013).

O setor da construção civil é o principal responsável pela expansão econômica e um dos principais vilões ambientais (SILVA; SOUZA, 2015). Destacam-se o consumo de matérias-primas, envolve processos com elevado consumo de energia, gera poluição em quase todos seus processos e até mesmo na fase de uso dos edifícios, como nas fases de reparo e manutenção que também utilizam grande volume de recursos e causam inúmeros impactos ambientais (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Scremin et al. (2014), ressaltam que a geração de resíduos de construção e demolição tem apresentado um aumento considerável de volume, estimam ainda que têm superado a geração dos resíduos sólidos urbanos no país, considerando que a coleta desses resíduos não é de responsabilidade da administração pública, sendo realizada em sua maioria por empresas privadas e, descartada de forma inadequada pelos geradores. Segundo Dos Santos et al. (2015), os resíduos oriundos da construção civil são responsáveis por grande parte do impacto associado a esta atividade, principalmente pela negligência no acondicionamento e deposição final. Além do fator econômico, haja vista a perda de material que poderia vir a ser reciclado. No Brasil a reciclagem dos RCC ainda é pouco praticada, sendo em sua maioria aproveitados em outras áreas da construção como nivelamento de terrenos e aterros, eventualmente retornam ao mercado como agregados para aplicações mais nobres como concreto e argamassa (ÂNGULO et al., 2013). Silva et al. (2017), aponta a viabilidade da utilização de técnicas para que estes resíduos sejam beneficiados através de processos de reciclagem e se tornem novamente elementos voltados para construção civil. É nesse contexto que o presente trabalho se insere com o objetivo de fazer um estudo dos resíduos sólidos de construção civil pesquisando seu gerenciamento, quantificação e caracterização, bem como, a legislação municipal, estadual e nacional vigente acerca do tema.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Panorama Nacional

O ramo de atividade da construção civil é bastante característico quando a economia está aquecida. Visto que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2016, ano marcado pela crise político-econômica do país, houve uma queda de 5,1 % na indústria da construção civil (IBGE, 2017).

Segundo o Sindicato da Indústria da Construção Civil de Pernambuco (SINDUSCON-PE, 2018), no primeiro semestre de 2017 foram realizados 1.793 lançamentos de empreendimento. Para efeito comparativo, em 2012 o número de Imóveis ofertados fechou o ano em 4.244, com 7.238 vendas e 8.051 lançamentos. Naquele ano, o Índice de Velocidade de Vendas (IVV) médio foi de 13%, com resultado de 17,4% em dezembro de 2012. Diante desses dados, observa-se a grande necessidade da existência de legislação pertinente, para que os empreendimentos sejam construídos da forma mais sustentável que seja possível, atenuando ao máximo os impactos sofridos no meio ambiente pela construção.

O avanço da indústria da construção civil, tanto no surgimento de novos empreendimentos quanto na geração de resíduos provenientes de reformas e/ou demolições, contribui para o aumento de RCC. Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) (2012), a quantidade de RCC coletado de origem pública por ano é 7.192.372, 71 ton. e de origem privada 7.365.566,51 ton., estes dados foram resultado de pesquisa em 372 municípios do país.

De acordo com os dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE, 2014) entre os anos de 2013 e 2014, houve um aumento de 4,1% na quantidade de resíduos de construção e demolição nas cidades brasileiras. Ou seja, os dados de resíduos sólidos produzidos por essa indústria são relacionados à várias etapas do processo, desde a produção dos componentes e produtos utilizados, até durante as fases de execução e demolição do empreendimento. O mercado imobiliário já está em sintonia com as políticas públicas vigentes nas esferas municipais, estadual e nacional, encaminhando todo o RCC seja para reciclagem seja para a destinação que melhor se enquadrar para cada tipo de material.

Classificação e Destinação dos RCC

A Lei Federal nº12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), conceitua resíduos sólidos como material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (Art. 3º, PNRS, 2010).

A Resolução n.º 307/2002 do CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos Resíduos da Construção Civil, e os define como os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha; (CONAMA, 2002).

Com base no Art. 3º dessa mesma resolução, os RCC podem ser classificados em quatro classes sendo: Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados (construção, demolição, componentes cerâmicos, argamassa, concreto, etc.) Classe B - resíduos recicláveis para outras destinações (plásticos, metais, vidros e outros; Classe C - são aqueles para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para sua reciclagem/recuperação (produtos oriundos do gesso); e Classe D - são resíduos perigosos oriundos de construções, demolições reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros (tintas, solventes, óleos, etc.) (CONAMA, 2002).

Cabe aos Municípios e ao Distrito Federal a elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento dos RCC, o qual deverá incorporar: “I - Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil; e II - Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.” (Art. 5º, CONAMA, 2002). É função do município ainda, a disponibilização de áreas adequadas para destinação dos RCC, além da implementação de ações de fiscalização quanto à deposição inadequada destes resíduos. Apesar da destinação adequada dos RCC ser atribuição dos geradores, seja ele público ou privado, os pequenos geradores não respeitam essa determinação, causando situações de deposição desses resíduos em diversos locais, seja nas vias públicas, terrenos baldios ou a margem de córregos (PASCHOALIN FILHO; GRAUDENZ, 2014).

Fundamento na legislação federal que as diretrizes para as leis orgânicas municipais são criadas. A partir do levantamento das normas que regulamentam os resíduos na cidade do Recife, foi possível identificar as leis municipais que regem o assunto, sendo elas: o Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos (PMRS) publicado em 2011, Lei nº 17.072/2005 que “estabelece as diretrizes e critérios para o programa de gerenciamento de resíduos da construção civil” (PERNAMBUCO, 2013). O estado de Pernambuco, através da Lei nº 14.236 de 2010, dispõe a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), que estabelece as diretrizes gerais aplicáveis aos resíduos sólidos de Pernambuco, assim como os seus princípios, objetivos, instrumentos, gestão e gerenciamento, responsabilidades e instrumentos econômicos (PERNAMBUCO, 2010).

Quanto à legislação federal, tem-se o Decreto nº 7.404/2002 tem como finalidade apoiar a estruturação e implementação da PNRS e cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos (CI); e a resolução CONAMA n.º 307/2002 que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil; e a Resolução Conama n.º 348/2004 que altera a n. 307/2002 e adiciona o amianto na classe de resíduos perigosos (CONAMA, 2010; CONAMA, 2004).

Ainda, deve-se seguir as normas e técnicas pertinentes estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT), em 2004 a tal associação lançou um conjunto de normas técnicas numeradas de 15.112 até 15.116 (Quadro 1) apoiadas nos direcionamentos dados pelas resoluções do Conama e que têm o objetivo de padronizar e reconhecer o uso do RCC.

Quadro 1. Relações das normas definidas pela ABNT

NORMA	OBJETIVO
15.112	Fixa requisitos para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de RCC e de resíduos volumosos.
15.113	Fixa requisitos para projeto, implantação e operação de aterros de RCC e inertes, visando à possível utilização futura desses materiais, bem como à proteção das coleções hídricas, condições de trabalho e qualidade de vida das populações de vizinhas
15.114	Fixa requisitos para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de RCC – Classe A, que se aplicam a materiais já triados para produção de agregados para obras de infraestrutura e edificações de forma segura.
15.115	Estabelece critérios de execução das camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos e revestimento primário em obras de pavimentação.
15.116	Estabelece requisitos para emprego de agregado reciclado em obras de pavimentação viária e preparo de concreto não estrutural.

Fonte: ABNT, 2004.

METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido com caráter exploratório, envolvendo revisão da literatura, através de informações da legislação vigente pertinente à geração dos resíduos de construção civil. Para realização da pesquisa bibliográfica, o trabalho se concentrou nas legislações municipais, cidade de Recife, e nacionais para gerenciamento dos resíduos sólidos, bem como as normas técnicas da ABNT. No intuito de estudar uma alternativa sustentável para estes resíduos já posta em prática, foi realizada uma pesquisa de campo a uma empresa atuante no ramo de RCC no município de Camaragibe, Região Metropolitana do Recife, Pernambuco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Revisão Bibliográfica

A Norma Brasileira n.º 10.004/2004 da ABNT, conceitua e classifica os resíduos sólidos, esta norma estabelece os critérios de classificação e os códigos para identificação dos resíduos de acordo com suas características (ABNT, 2004). Os RCC representam um relevante problema ambiental e econômico para os municípios, pois a disposição adequada desses resíduos se torna cada vez mais onerosa, uma vez que o crescente adensamento dos centros urbanos faz com que haja uma escassez de espaços para destinação final desses resíduos, o que implica um alto valor de custo para transporte (ARRUDA, 2015). Os RCC devem ter um gerenciamento adequado para evitar que sejam abandonados e se acumulem em locais inapropriados. A disposição irregular desses resíduos pode gerar problemas de ordem estética, ambiental e saúde pública (MENDES; BECK, 2017). De outro lado, constitui um problema que se apresenta as municipalidades, sobrecarregando os sistemas de limpeza pública (PNRS, 2010).

Em 2010 foi sancionada a lei que cria a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305) e estão definidos no Art. 13 da PNRS como sendo os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras da construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (PNRS, 2010). A Resolução Conama n.º 307/02, determinou que o gerador deve ser o responsável pelo gerenciamento desses resíduos. Nesta Resolução estão definidas as características dos principais elementos que compõe o processo produtivo (geradores, transportadores, áreas de destinação de resíduos, aterro de RCC, agregado reciclado, reutilização, reciclagem e beneficiamento) e como os resíduos são classificados (CONAMA, 2002).

Ainda segundo a referida resolução, a destinação dos RCC é prevista de acordo com cada classe e deverão ser destinados das seguintes formas:

Classe A: deverão ser utilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados para áreas de aterro de RCC, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Classe D: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (Art. 10, CONAMA, 2002).

O Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras (SIQ- Construtoras) do Programa Brasileiro da Produtividade e Qualidade do Habitat (PBPQ-H), prevê a necessidade da

“consideração dos impactos no meio ambiente dos resíduos sólidos e líquidos produzidos pela obra (entulhos, esgoto, águas servidas), definindo um destino adequado para os mesmos”, como condição para qualificação das construtoras no nível “A”. A falta de observância desses requisitos poderá resultar numa restrição de crédito oferecido por instituições financeiras que exigem tal qualificação como critério de seleção para seus tomadores de recursos (PBPQ-H, 2018). O Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos (PMRS) publicado 2011, é um documento firmado entre 14 municípios da Região Metropolitana do Recife, com o intuito de aplicar a gestão integrada dos resíduos. Este plano possui embasamento sustentável, seguindo o conceito dos 3R – redução, reutilização e reciclagem, onde cada município foi caracterizado e foram propostas estruturadas em bases científicas para a preservação ambiental, através do controle dos resíduos sólidos (PMRS, 2011).

O Art. 4º na legislação estadual, se tem a Política de Resíduos Sólidos de Pernambuco– Lei nº 14.236 (PERNAMBUCO, 2010), traz que ficam sujeitas ao prévio licenciamento ambiental pela Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH) obras de unidades de transferências, tratamento e disposição final de resíduos sólidos de origem doméstica, pública e industrial. O Art. 5º coloca a agência como órgão de fiscalização para cumprimento da referida legislação (CPRH, 2001). A partir de 1998, a coleta, transporte e disposição dos resíduos da construção civil no Recife sofreu modificações no seu gerenciamento, através do Decreto n.º 18.082/98, que regulamenta a Lei Municipal n.º 16.377/98 (PERNAMBUCO, 1998). A execução dos serviços de limpeza pública, recolhimento, transporte e disposição dos resíduos acima de trezentos litros foi disciplinada, podendo ser realizada por terceiros, através de firmas especializadas, mediante prévio cadastramento na Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (Emlurb). O acondicionamento do material é feito em caçambas estacionárias e ou contêineres, devidamente identificados e sinalizados. A Emlurb fiscaliza a disposição em vias e logradouros públicos destas caçambas, advertindo e/ou penalizando as que descumprirem o estabelecido na legislação vigente. A disposição final dos resíduos é definida pela Emlurb que recebe das empresas licenciadas, relatório global dos serviços executados.

Pesquisa de Campo - Alternativas

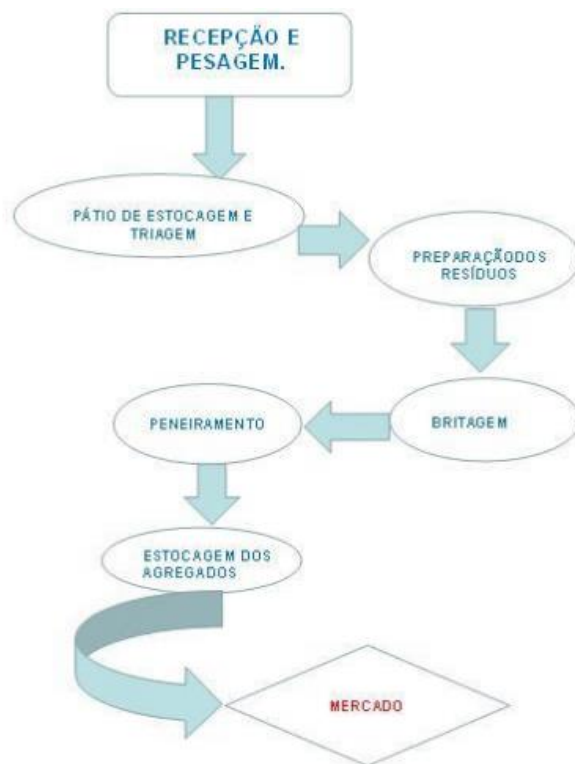
A pesquisa de campo foi feita a uma empresa localizada em Camaragibe, município da Região Metropolitana do Recife, que se dedica a reciclagem e gerenciamento de RCC. Tendo em vista que a construção civil é a maior geradora de resíduos, que os resíduos de construção e demolição ocupam grande volume para deposição final, a empresa oferece serviços para minimizar os impactos da construção civil. Os RCC são gerados desde escavação para a execução da fundação, passando pelas fases de estrutura e alvenaria, chegando à etapa de acabamento. Atividades pós-obra como reforma e demolição, são responsáveis por um elevado volume de RCC (SILVA; SILVA, 2016).

A visita foi acompanhada pelos gestores da unidade que nos informou alguns dados para contribuir com este estudo. Foi relatado pelos gestores que, o que é recebido na empresa são resíduos de classe A (são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados) e classe C (são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem / recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso), caso outro tipo de resíduo seja recebido o material é devolvido. A capacidade da reciclagem é de 50 m³/h e eles recebem em torno de 7 mil toneladas por mês de RCC. Na empresa visitada, o processo de tratamento dos RCC segue as etapas descritas a seguir e posteriormente ilustradas (Figura 1).

Recepção e Pesagem: Os veículos transportadores são inspecionados, classificados pelos resíduos transportados e pesados. Para pesagem é utilizada uma balança rodoviária com capacidade para 60 toneladas, que é calibrada a cada 6 meses. Após o descarrego do material o veículo volta a balança e novamente é pesado, assim obtém o peso líquido que é o peso do material.

Pátio de estocagem e triagem: os resíduos são descarregados no pátio de estocagem e triagem onde funcionários retiram manualmente resíduos estranhos ao processo. Estes resíduos considerados rejeitados serão encaminhados a aterros classe 1 ou 2 conforme classificação. Preparação dos resíduos a serem tratados: ainda no pátio os RCC são agrupados a fim de obter-se um agregado reciclado de qualidade definida. As dimensões dos blocos de concreto são reduzidas para adequação a boca do triturador.

Figura 1. Processo da empresa visita



Britagem: Os RCC são britados, tendo seus componentes desagregados e suas partículas diminuídas.

Peneiramento: Os resíduos britados são transportados através de correia transportadora até o sistema de peneiramento mecânico. Neste processo os RCC são classificados de acordo com sua granulometria. Como a máquina possui um eletroímã os metais no concreto armado são removidos.

Estocagem dos agregados: pátio onde são estocados os agregados provenientes do processo de reciclagem ficando à disposição do mercado.

Todo material vendido após este processo tem um valor menor em torno de 30% a 40% que o mercado. O valor que é cobrado pela tonelada varia de acordo com o material, sendo de R\$ 22,00 à R\$ 38,00, para o gesso, por exemplo.

CONCLUSÕES

Do ponto de vista social, a tecnologia de reciclagem é apontada como uma das alternativas para a geração de emprego e renda. O resultado é que além da economia de matéria-prima e energia na produção de novos agregados, o uso e a reciclagem de resíduos da construção e

demolição proporcionam novas oportunidades de emprego para uma parcela da população que frequentemente é excluída.

O gerenciamento adequado dos Resíduos de Construção Civil, apresenta-se bastante relevante devido a grandes vantagens da implantação de uma gestão de resíduos sólidos nas obras levando em conta: os aspectos de produção, a imagem da empresa (visto que passa uma boa imagem ao cliente), comportamental, e de custos, já que o material “reciclado” tem um custo significativamente menor que o comum. Este processo ainda não se tornou algo comum entre as empresas e pessoas físicas, entretanto, há uma enorme necessidade e probabilidade de se popularizar o Resíduos de Construção Civil, devido à grande necessidade de se investir em tudo que possa trazer benefícios ao meio ambiente.

Conforme apresentado, o gerenciamento de Resíduos da Construção Civil é instrumento definido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos e pela Resolução Conama n.º 307 de 2002, objetivando sobretudo a correta gestão dos resíduos gerados nos canteiros de obras. Conhecer os resíduos gerados é de fundamental importância, uma vez que a partir disso que são definidas as etapas de acondicionamento, transporte, tratamento e destinação final, considerando-se os critérios e diretrizes das legislações pertinentes.

REFERÊNCIAS

Agência Estadual de Meio Ambiente - CPRH. Lei nº 12.008/01. **Política Estadual de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/inventario/05.pdf>> Acesso em: 08 de abril de 2018.

ARRUDA, M. F. de A. **Análise da aplicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos nos municípios do litoral pernambucano pertencentes à região metropolitana do Recife**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), UFPE, 2015

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 15112:2004**. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 15113:2004**. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 15114:2004**. Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 15115:2004**. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 15116:2004**. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

ÂNGULO, S. C. et al. **Separação óptica do material cerâmico dos agregados mistos de resíduos de construção e demolição**. Ambiente Construído, v. 13, n. 2, p. 61-73. Porto Alegre, 2013.

BAPTISTA JUNIOR, J. V.; ROMANEL, C. **Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras**. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 5, n. 2, p. 27-37. Rio de Janeiro, 2013.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 3ª ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil.** Cerâmica 61 (2015) 178-189. Piauí, 2015.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 348, de 16 de agosto de 2004.** Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>> Acesso em: 07 de maio de 2018.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 07 de maio de 2018.

BRASIL. **Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos.** 2015. Disponível em: <<http://sinir.gov.br/web/guest/comite-interministerial>> Acesso em: 09 de maio de 2018.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. **Resíduos de Construção Civil.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/estruturas/>> Acesso em: 28 abril de 2018.

SANTOS, A.L.; PINTO, C.H.C; CATUNDA, A.C.M.M. **Percepção da legislação ambiental, gestão e destinação final dos RCD – Resíduos da construção e demolição: um estudo de caso em Parnaminirm\RN\Brasil.** Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España e Portugal, 2015.

Federação das Indústrias do Distrito Federal - FIBRA. Construção Civil. Disponível em: <<https://www.sistemafibra.org.br/fibra/sala-de-imprensa/noticias/1315-construcao-civil-representa-6-2-do-pib-brasil>> Acesso em abril de 2018.

GUSMÃO, A.D. **Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil.** Recife/PE. Gráfica Editora, 2008.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil.** Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/> > Acesso em: 28 abril de 2018.

LINS, J. M. S. M et al. **Resíduos de Construção e Demolição Reciclados no Brasil: Diagnóstico e Crédito Ambiental.** VI Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos e do IV Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos – Epersol. Recife, 2018.

MASCARENHAS, Luciene Martins de Araújo. **Desenvolvimento Sustentável: Estudo de Impacto Ambiental e Estudo de Impacto de Vizinhança.** Curitiba: Letras da Lei, 2008.

MENDES, J.S.; BECK, C.G. **Desafios das administrações municipais na implementação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos: o caso do Curimataú Paraibano.** Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, 2017.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; GRAUDENZ, G. S. **Viabilidade Econômica da Utilização de Resíduos de Demolição Reciclados na Execução do Contrapiso de um Edifício Localizado na Zona Leste da cidade de São Paulo.** Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria, 2014.

PERNAMBUCO. Decreto Municipal n.º 18.082 de 13 de novembro de 1998. **Resíduos de Construção Civil.** Recife, 1998. <<https://www.recife.pe.gov.br/pr/servicospublicos/emlurb/decreto-18082-98.pdf>> Acesso em: 07 de maio de 2018.

PERNAMBUCO. **Lei Municipal Nº 18274 de 25/11/2016.** Recife, 2016. Disponível em: <http://www.normasbrasil.com.br/norma/lei-18274-2016-recife_335276.html> Acesso em: 29.04.2018.

PERNAMBUCO. Lei nº 14. 236, de 13 de dezembro de 2010. **Política Estadual de Resíduos Sólidos.** <http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/Lei%2014236;141010;20101229.pdf> pdf Acesso em: 07 de maio de 2018.

PERNAMBUCO. Lei nº 17.072/2005. **Gerenciamento de resíduos da construção civil.** 2013. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pe/r/recife/lei-ordinaria/2005/1707/17072/lei->

ordinaria- n-17072-2005-estabelece-as-diretrizes-e-criterios-para-o-programa-de-gerenciamento-de-residuos-da- construcao-civil> Acesso em: 07 de maio de 2018.

Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos – PMRS. **Região Metropolitana de Recife**. Secretaria das Cidades - SECID. Recife, 2011. Disponível em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/servico/programa-metropolitano-de-residuos-solidos>> Acesso em: 28 de abril de 2018.

Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP. **Ministério das Cidades**. Disponível em: <<http://pbqp-h.cidades.gov.br/>> Acesso em: 29 abril de 2018.

SEIFFERT, Mari Elizabete Bernardini. **Gestão Ambiental: instrumentos, esferas e educação ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SILVA, G. D. et al. **Reaproveitamento de Resíduos da Construção Civil em um Empreendimento na Região do Sudeste da Bahia**. VI Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos e do IV Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos – Epersol. Recife, 2017.

SILVA, L.D.; FARIA, C.O.; SILVA, L.F.; CAMPOS, I.J.; JACOB, R.S. **Um estudo da viabilidade técnica do uso de agregados reciclados provenientes de resíduos da construção civil para convecção de blocos de vedação**. Revista Interdisciplinar da PUC Minas no Barreiro – Percorso Acadêmico. Belo Horizonte, 2017.

SILVA, L.F.F.; SILVA, M.A. **Resíduos sólidos na construção civil: qual o custo de sua destinação e tratamento?** XXIII Congresso Brasileiro de Custos. Porto de Galinhas, 2016.

SILVA, E.A.L.; SOUZA, B.I. **Dos resíduos sólidos oriundos da construção civil: análise da problemática do bairro Altiplano, João Pessoa, Paraíba**. IV Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos – Epersol, Recife, 2015.

SCREMIN, L. B.; CASTILHOS JR, A. B.; ROCHA, J. C. **Sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos de construção e demolição para municípios de pequeno porte**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. vol.19 no.2 Rio de Janeiro, 2014.

4.2. IMPACTOS OCASIONADOS PELA DEPOSIÇÃO IRREGULAR DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO MUNICÍPIO DE PAULISTA – PE

PAZ, Diogo Henrique Fernandes da
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
diogo.paz@cabo.ifpe.edu.br

XIMENES, Tiana Cibele Fagundes
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
tianafagundesximenes@gmail.com

HOLANDA, Maria Júlia de Oliveira
UFPE
mariajuliaholanda@gmail.com

LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz
Escola Politécnica de Pernambuco (UPE)
klafayette@poli.br

RESUMO

Os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) tem sido um problema nas cidades brasileiras, devido a forma irregular que são comumente depositados nas vias públicas, podendo assim ocasionar impactos ambientais e sociais. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo identificar os impactos decorrentes da deposição irregular desses resíduos no município de Paulista/ PE, através de mapeamentos das ruas e localização dos pontos de deposição irregular registrados através de GPS, posteriormente foi realizada a classificação por análise visual, desses resíduos de acordo com a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/2002. Através do mapeamento foram encontrados 148 pontos de deposição irregular, onde a maior parte deles estavam próximos ou em locais com constante movimento de pedestres e automóveis. Não foi visualizado nenhum ponto de coleta para este tipo específico de resíduo, não oferecendo opções de descarte adequado a população. A maioria dos pontos eram compostas de materiais cerâmicos, servindo como obstáculo para os transeuntes e podendo propiciar a proliferação de vetores. A quantidade e as áreas de concentração dos principais depósitos de RCD trazem para o poder público informações básicas que podem servir de orientação quanto à gestão desses resíduos, promovendo ganhos financeiros e ambientais para toda a sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Municipal, Mapeamento, Meio Ambiente

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, com o crescimento urbano e consequentemente maior demanda por moradias, cresceu também a quantidade de resíduos advindos de construções nas cidades brasileiras. Essas construções quando feitas de forma desordenada, apresentam-se como uma grande problemática nos centros urbanos, tanto pela forma irregular em que se apresentam, muitas vezes em locais inapropriados, como também da forma em que se encerram não dando uma destinação adequada aos resíduos advindos de sua obra.

A maior parte das construções conduzidas no Brasil pode ser considerada como executadas de forma manual, em que há uma grande quantidade de perdas e geração de resíduos, constituindo-se em um poderoso degradador ambiental (NAGALLI, 2014). Os resíduos advindos das atividades de construção e demolição de obras, os RCD, tem sido um problema nas cidades brasileiras, tendo em vista que os mesmos são dispostos em grandes quantidades e podem trazer inúmeros transtornos nas vias públicas.

A destinação inadequada de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) pode gerar inúmeros problemas na área urbana, tais como a obstrução do sistema de drenagem; problemas com o esgotamento de aterros sanitários (chegam a mais de 50% do volume total de resíduos depositados em aterros); proliferação de pragas, como insetos e roedores; contaminação de águas subterrâneas, e prejuízo financeiro aos municípios e à saúde pública (LEITE, 2014).

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017), em 2016 foram coletados cerca de 45 milhões de toneladas de RCD no Brasil. Números que podem ser bem maiores, tendo em vista que ainda não existe uma quantificação exata desses RCD, devido à forma irregular com a qual são dispostos em vias públicas e terrenos baldios. Para uma gestão adequada desses resíduos é primordial que existam estudos e análises que retratem a situação real do que é disposto de forma irregular, assim como os locais onde são normalmente depositados (XIMENES, 2018).

No estado de Pernambuco, especificamente na Região Metropolitana do Recife (RMR), vem sendo desenvolvidos trabalhos como os de Holanda et al. (2016) e Holanda et al. (2017) que buscam realizar o diagnóstico da situação dos RCD, para dessa forma subsidiar a tomada de decisão dos gestores quanto as estratégias que poderão ser utilizadas para diminuir a deposição irregular dos mesmos, e dessa forma implementar estratégias que buscam a mitigação dos impactos ocasionados por eles.

Além disso, há pesquisas que propõem o desenvolvimento de um módulo do sistema de gestão integrada dos resíduos de construção e demolição (SIGERCON – Módulo II), a fim de contribuir para a melhoria da gestão pelos municípios. Através da estruturação de um software que simplifica do processo de gerenciamento com um controle rigoroso de atividades e possibilita o desenvolvimento de programas de redução de resíduos, e uma consequentemente minimização da despesa no gerenciamento (HOLANDA, 2018). Entre os municípios que já possuem um diagnóstico, está o do Paulista que é um dos 15 municípios que constituem a RMR. Possuindo um Plano Diretor (PREFEITURA DO PAULISTA, 2012), no qual a Lei Complementar nº 4.253/2012 define ações voltadas ao meio ambiente, gestão, saneamento e educação ambiental, porém ainda carece de ações voltadas diretamente aos RCD.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A problemática dos resíduos gerados em ambientes urbanos de forma geral atingiu um grau elevado, contribuindo significativamente para o aumento consumo de recursos naturais e favorecendo a geração de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) e seus impactos ambientais associados (PASCHOALIN FILHO et al. 2014; PASSARINI et al., 2014; WU et al., 2016), atrelado ainda, a soluções inadequadas e insuficientes (LEITE et al., 2018). É importante que haja

uma gestão adequada dos materiais para uma possível inserção na sociedade e nos diversos setores (NAGALLI, 2014).

A construção civil nos últimos anos tem contribuído significativamente para o aumento dos RCD em áreas consideradas inadequadas, principalmente em países em desenvolvimento (CHANAKYA et al., 2017), preferindo reduzir os custos com a gestão de resíduos, dispondo-os em áreas ilegais ao invés de considerar medidas legais (ZAINUN; OTHMAN, 2015).

Atualmente o descarte inadequado dos RCD tem sido agravado pela população, que dispõe desses resíduos em vias públicas (CALVO; VARELA-CANDAMIO; NOVO-CORTI, 2014), descarte este que atinge áreas de todos os níveis econômicos, ocasionando diversos problemas sociais (PIMENTEL; RIBEIRO; ARAÚJO, 2016).

Definição de RCD

Os RCD que também são comumente designados como resíduos de construção civil (RCC) e popularmente chamados de entulhos podem ser definidos como material pouco poluente e perigoso, que tem sua origem atrelada às demolições de edifícios, na construção de estradas e na construção ou remodelação de edifícios, podendo também conter solo e terra do local de escavação e preparação da obra (SANTOS, 2015). A lei federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, (BRASIL, 2010) em seu art. 13, inciso I, alínea h, define:

h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

A Resolução nº 307/2002 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, que pode ser considerada um marco em relação às diretrizes relacionadas a construção civil (CONAMA, 2002), apresenta a seguinte definição sobre os RCD:

São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CONAMA, 2002, Art. 2).

Embora existam várias definições para os RCD, há um ponto comum entre elas, nos quais esses resíduos são advindos de ações relacionadas a alguma atividade construtiva ou demolições de edificações de carácter público ou privado (XIMENES, 2018).

Classificação dos RCD

Antes da criação de uma norma específica os RCD, faziam parte da NBR 10004/2004 – Resíduos Sólidos – Classificação. O que contribui para que não fossem classificados de acordo com suas características específicas (SANTOS, 2015). Porém, a partir da resolução 307/2002 do CONAMA que pode ser considerada um marco na história dos RCD, é que foi dada mais atenção para esses resíduos. Nesta resolução foi feita uma classificação mais completa desses resíduos de acordo com suas características. Os RCD foram divididos em quatro classes:

I - Classe A - os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados. Ex: componentes cerâmicos (tijolos,

blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

II - Classe B - os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

III - Classe C - os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

IV - Classe D: resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Quando dispostos de forma irregular, os RCD causam significativos impactos negativos ao meio ambiente, como degradação e poluição do solo, comprometimento dos corpos d'água e mananciais, obstrução dos sistemas de drenagem, intensificação de enchentes, degradação da paisagem urbana, poluição visual, ocupação de vias e logradouros públicos podendo atrair e contribuir com a proliferação de vetores que ocasionam doenças (ALBUQUERQUE, 2015; KLEIN, 2017, SILVA, 2017).

Os RCD representam a maior parte dos resíduos gerados nas áreas urbanas (WANG et al.), corroborando com essa afirmação Klein (2017), afirma que os RCD representam predominantemente a massa dos resíduos gerados nas áreas urbanas do Brasil, surgindo a partir daí a necessidade latente de que seja dada uma maior atenção para esses resíduos.

A resolução do Conama 307/2002, estabeleceu um prazo para que os municípios elaborem seus respectivos planos de gestão de resíduos da construção civil (CONAMA, 2002). Eles deveriam organizar seus programas, projetos e planos de gestão até junho de 2004, enquanto os grandes geradores de RCD deveriam apresentar planos de gestão de resíduos ao submeterem suas obras a licenciamento a partir de janeiro de 2005, porém este prazo não foi cumprido pela grande maioria dos municípios brasileiros (FERREIRA et al., 2017).

Impactos ocasionados pelos RCD

Os impactos ambientais ocasionados pelos RCD não se resumem à grande quantidade em que são produzidos, mas sim, na maneira como são descartados irregularmente em locais inapropriados. Esse volume expressivo que vem sendo depositado nas vias públicas dos centros urbanos acarreta impactos em três distintas dimensões: ambiental, social e econômica (XIMENES, 2018):

- ✓ Ambiental: principalmente quando são dispostos próximos à vegetação e margens de rios, o que contribui para o assoreamento dos mesmos;
- ✓ Social: através da dificuldade de tráfego de veículo e transeuntes, quando são dispostos em meio às vias públicas, proliferação de doenças devido a poder ser um esconderijo para vetores de doenças (CRUVINEL, 2016);
- ✓ Econômica: aumentando os gastos públicos com a retirada dos RCD das ruas (CARELLI; MIRANDA, 2013).

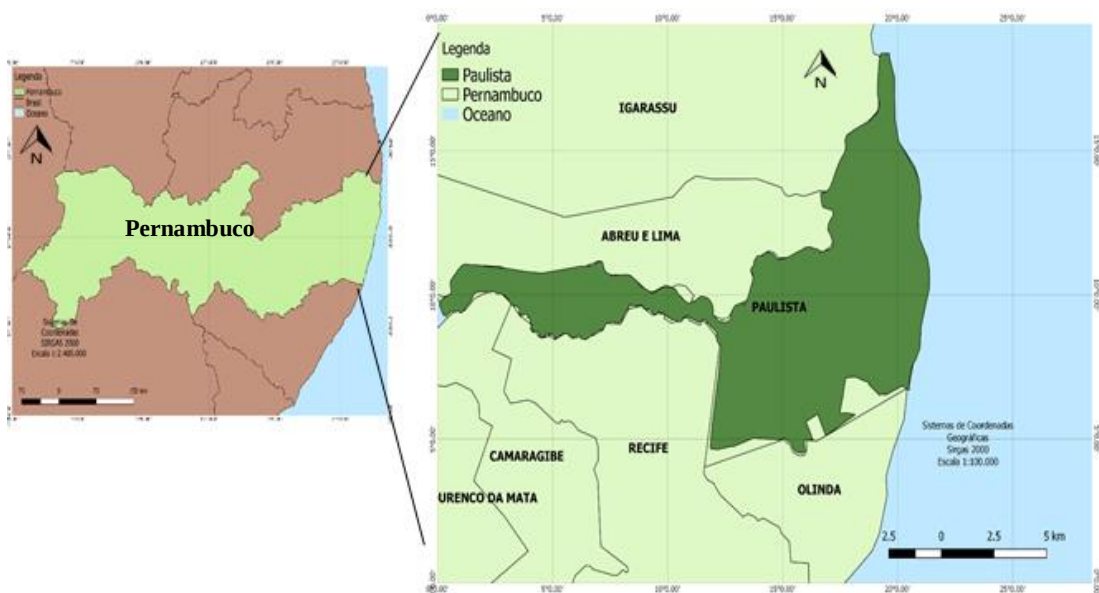
De acordo com Sheid (2016), a baixa qualidade na gestão e fiscalização de RCD são o que ocasionam grandes custos a administração pública devido à necessidade da remoção posterior desses resíduos através de uma “gestão corretiva” que gera gastos maiores aos municípios e consequentemente maiores danos ao meio ambiente. Minimizar os impactos pressupõe conhecimento de suas causas através de estudos de indicadores sobre a quantidade, composição e

os resíduos gerados numa área geográfica (WU et al., 2016; GALLARDO et al., 2015), que fornecem informações para a tomada de decisões, podendo definir tecnologias e ações de natureza gerencial e estabelecer os recursos que precisam ser usados para essa finalidade.

Caracterização da área de estudo

Distante de Recife 17 Km, o município encontra-se a uma latitude 07° 56' 24'' Sul; longitude: 34° 52' 20'' Oeste, situado a 16 metros de altitude (Figura 1). Ocupa uma área de 97, 312 km² e tem uma população estimada em 328.353 habitantes, representando 3,2% da população do estado de Pernambuco (IBGE, 2017). A Cidade de Paulista vem apresentando uma enorme perspectiva de crescimento com a instalação de novas indústrias, Shopping Center, faculdades e um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFPE (SANTOS, 2015b). Tem sido notável o aumento da preocupação da preservação ambiental no município, sendo ele composto também por três matas: Janga, Jaguarana e Caetés, que ficam próximas à área urbana e que viraram reservas ecológicas a partir de janeiro de 1987, após a Lei nº 9.989.

Figura 1. Localização do município de Paulista.



METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho foi um diagnóstico da situação dos RCD no município de Paulista, para detectar quais as áreas mais afetadas por essa deposição irregular. Esse diagnóstico fez parte de uma das etapas que compuseram o trabalho de Ximenes (2018), que fez um estudo detalhado sobre os RCD no município de Paulista. Foram realizados mapeamentos na cidade juntamente com análise a partir de visualização diretas. Através desse mapeamento foram identificados pontos de deposição irregular desses resíduos, onde as coordenadas foram registradas através de um GPS (Smartphone – Samsung J5/Google Maps 2016). Posteriormente foi realizada a classificação por análise visual desses RCD de acordo com a resolução CONAMA nº 307/2002.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo foram encontrados 148 pontos de deposição irregular, em que foi possível constatar que a maior parte deles se encontrava próximos ou em locais com constante movimento de pedestres e automóveis. Em alguns pontos foram encontrados RCD misturados a resíduos orgânicos (Figura 2), dificultando uma futura reciclagem dos mesmos e atraindo vetores causadores de doenças, constituindo-se em um malefício não só ao meio ambiente, como também à saúde e bem-estar social.

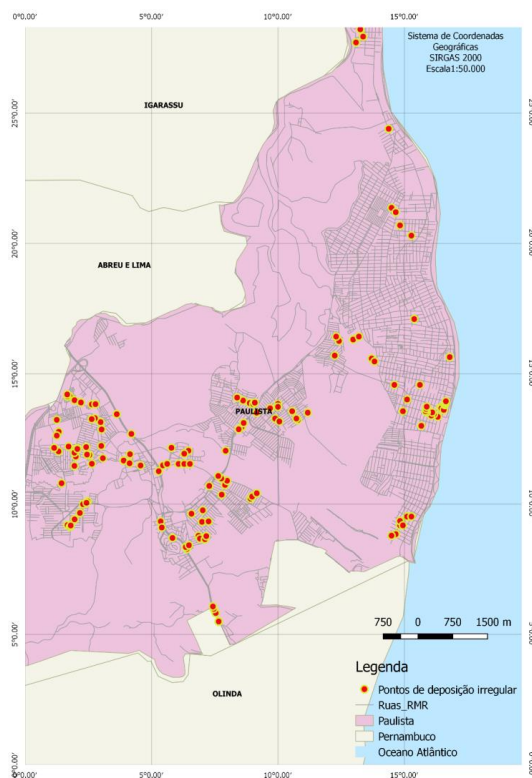
Figura 2. Resíduos de Construção e Demolição misturados a outros resíduos na Rua Unnamed Road - Arthur Lundgren II.



Fonte: Ximenes (2018).

Aliado a falta de fiscalização, o desenvolvimento de instrumentos de conscientização e criação de locais apropriados para o descarte desse resíduo geram um sentimento de impunidade, ignorância (em relação ao impacto que eles geram) e também dificuldades na disposição adequada dos RCD, por não existir locais apropriados para onde estes resíduos possam ser levados pelos moradores. Durante o mapeamento da área do município, não foi visualizado, nas ruas e bairros, nenhum ponto de coleta para este tipo específico de resíduo, não oferecendo opções de descarte adequado aos moradores que estejam construindo ou reformando suas residências. A maioria dos pontos encontrados estavam localizados uns próximos aos outros, em locais com a maioria das moradias situadas e áreas com condições financeira baixa e/ou com pouca estrutura, segundo a Secretaria de Assuntos Estratégicos - SAE (Figura 3).

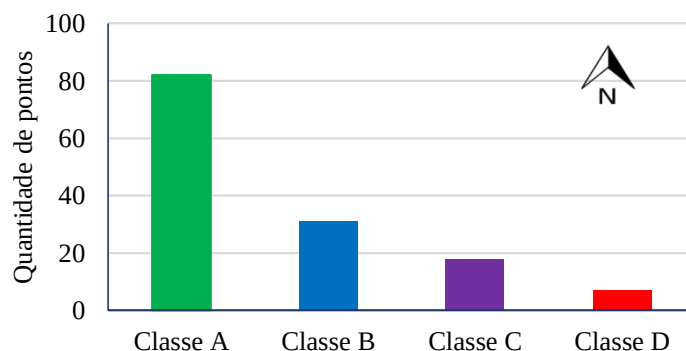
Figura 3. Mapa dos RCD em relação às ruas do município.



Fonte: Ximenes (2018).

A partir do cadastramento dos pontos, realizou-se uma análise dos tipos e classes de resíduos de acordo com a resolução do Conama 307/2002 (Figura 4):

Figura 4. Quantidade de pontos contendo as classes de RCD.



A maior parte dos pontos continha predominantemente resíduos Classe A (82 pontos), que inclui concreto, argamassa, tijolos e material cerâmico, que podem ser reciclados ou reutilizados nas obras como agregados reciclados. Alguns resíduos Classe A estavam contaminados, impossibilitando a reciclagem dos mesmos.

Os resíduos Classe B (31 pontos), como madeira, metal, papel, plástico ou sacos de cimento que são recicláveis para outra destinação, foram o segundo tipo de resíduo predominante. Foram encontrados resíduos Classe C (18 pontos), como isopor, sacarias e poda, porém estavam contaminados com outros tipos de resíduos, inclusive misturados com resíduos Classe A. Em relação aos resíduos classe D (7 pontos), como tintas e solventes, foram encontrados em poucos pontos, o que mostra que a maior parte dos resíduos pode ser agregado valor econômico, através da reciclagem.

Foi observado que a maioria dos materiais encontrados nas ruas do município eram composta de materiais cerâmicos, como telhas e tijolos, podendo-se constatar ser resíduos provenientes de reformas residenciais, ou seja, de pequenos geradores. Boa parte deles foi encontrada disposta em área de passeio público, servido como obstáculo para os transeuntes e podendo propiciar a proliferação de vetores.

CONCLUSÕES

Embora os RCD não apresentem por si só um risco direto a sociedade, por serem resíduos inertes, as enormes quantidades que se acumulam em pouco espaço de tempo passam a ser abrigo de insetos e vetores transmissores de doenças, colocando em risco a saúde população da região, onde ele está; além disso, trazem problemas a mobilidade urbana (quando depostos sobre passeios), a drenagem urbana e poluição atmosférica.

A partir do estudo foi possível identificar a quantidade e as áreas de concentração dos principais depósitos de RCD no município de Paulista, trazendo para o poder público informações que podem servir de orientação quanto à gestão desses resíduos, como viabilidade econômica de implantações de locais específicos para a segregação dos RCD e incentivo e capacitação de cooperativas de reciclagem e venda, promovendo ganhos financeiros e ganho ambiental para toda a sociedade.

Os resultados obtidos a partir deste trabalho serão expandidos e levados para a gestão do município, dessa forma contribuindo para que o mesmo tenha uma maior adequação as legislações, e auxiliando na criação de propostas que integrem a população no ciclo de vida dos

resíduos de modo que possam assim, reduzir os custos municipais com a coleta dos RCD; além da promoção de campanhas de conscientização da população (maior foco ao pequeno e médio gerador), para que esses possam contribuir, também, com o reuso, reciclagem e segregação.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016. Abrelpe, 2017. Disponível em:<www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>. Acesso em: 10 de jan. de 2018.

ALBUQUERQUE, D. M. S.. **Impacto Socioambiental da deposição irregular dos Resíduos da Construção e Demolição na cidade do Recife-Pe**. 178 f. Dissertação (Mestrado – Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2015. Recife: UPE, Escola Politécnica, 2015.

ALMEIDA LEITE , I. C. A.; DAMASCENO, J. L. C.; REIS, A. M.; ALVIN, M. Gestão de resíduos na construção civil: um estudo em belo horizonte e região metropolitana. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v..14, n. 1, 2018.

CALVO, N.; VARELA-CANDAMIO, L.; NOVO-CORTI, I. A Dynamic Model for Construction and Demolition (C&D) Waste Management in Spain: Driving Policies Based on Economic Incentives and Tax Penalties. **Sustainability**, v.6, p. 416-435, jan. 2014.

CARELLI, E.; MIRANDA, I. **Apostila do curso de Gestão Integrada de Resíduos da Construção Civil e operação de usina de reciclagem de entulho**. Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição e Instituto Nova Ágora. São Paulo, 2013.

CHANAKYA, H. N.; SHWETMALA; RAMACHANDRA, T. V. Nature and extent of unauthorized waste dump sites in and around Bangalore city. **J. Mater. Cycles Waste Manag.** v. 19, p. 342-350, 2017.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - **CONAMA Nº. 001**, de 23 de janeiro de 1986. Diário Oficial de 17/02/1986. Brasília, DF. 1986.

CRUVINEL, P. B. **Análise da gestão de Resíduos da Construção e Demolição no Distrito Federal com Proposição de Indicadores de Sustentabilidade Ambiental**. 2016. 120 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

FERREIRA, P. H. C. M.; RIBEIRO, H. F.; **Resíduos da Construção Civil: Panorama da legislação municipal nos 200 maiores municípios brasileiros, 2017**. Disponível em:<<http://blog.netresiduos.com.br/2017/06/12/rcc-panorama-da-legislacao-municipal-brasileira/>>. Acesso em 30 de nov. de 2017.

GALLARDO, A.; CARLO, M.; PERIS, M.; COLOMER, F. J, Methodology to design a municipal solid waste pre-collection system. A case study. **Waste Management**, v. 36, p. 1-11, 2015.

GULARTE, L. C. P.; LIMA, J. D.; OLIVEIRA, G. A. TRETIN, M. G.; SETTI, D. Estudo de viabilidade econômica da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil no município de Pato Branco (PR), utilizando a metodologia multi-índice ampliada. **Eng Sanit Ambient**, v. 22, n. 5, p. 985-992, 2017.

HOLANDA, M. J. O.; PAZ, D. H. F.; XIMENES, T. C. F.; LAFAYETTE, K. P. V. Indicadores de sustentabilidade como ferramenta de gestão municipal de resíduos da construção civil. **III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos – EPERSOL**, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife-PE, 2016.

HOLANDA, M. J. O.; XIMENES, T. C. F.; BATISTA, J. M.; LAFAYETTE, K. P. V. Identificação de aspectos ambientais e seus respectivos impactos provenientes de RCD nas cidades de Cabo de Santo Agostinho e São Lourenço da Mata/PE. **IV Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos - EPERSOL**, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife-PE, 2017.

HOLANDA, M. J. O. **Desenvolvimento de Ferramenta de Apoio à Gestão Municipal de Resíduos de Construção e Demolição na Região Metropolitana de Recife**. 2018. 163p. Dissertação (Mestrado) – escola Politécnica, Universidade Estadual de Pernambuco, Recife, 2018.

KLEIN, F. B.; DIAS, S. L. F. **Os resíduos da construção civil e os limites das políticas públicas de prevenção à deposição irregular no município de São Paulo**. In: Encontro internacional sobre gestão empresarial e meio ambiente, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: Engema, 2016.

LEITE, L. B. T. **Panorama da Logística de Resíduos da Construção Civil no Rio de Janeiro**. Universidade Federal de Rio de Janeiro – UFRJ / Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, 2014.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2014.

PASSARINI, K. C.; PEREIRA M. A.; FARIAS, T. M. B.; CALARGE C. C. S. Assessment of the viability and sustainability of an integrated waste management system for the city of Campinas (Brazil), by means of ecological cost accounting, **J. of Clean. Prod.**, v. 65, p. 479-488, 2014.

SANTOS, D. S. **Diagnóstico da gestão dos resíduos de construção e demolição e seus impactos ambientais no município de Jaboatão dos Guararapes/PE**. 2015. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2015a.

SANTOS, E. J. **Desenvolvimento Socioambiental no Município de Paulista – (Pernambuco): Uma avaliação dos Programas de Qualidade de Vida**. 2015. 158p. Dissertação (Mestrado em Gestão do Desenvolvimento Local Sustentável) - Faculdade de Ciências da Administração de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2015b.

SCHEID, M. R. **Gerenciamento dos resíduos da construção civil: situação atual nas construtoras de Santa Maria/RS**. 2016. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

SILVA, A. A. **Diagnóstico da Gestão dos Resíduos da Construção Civil no Município de Cabo de Santo Agostinho – PE**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 2017.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; DIAS, A. J. G.; CORTES, P. L. Aspectos normativos a respeito de resíduos de construção civil: uma pesquisa exploratória da situação no Brasil e em Portugal. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 29, p. 155-169, 2014.

PREFEITURA DO PAULISTA. **Lei Complementar nº 4.253/2012**, plano diretor participativo. 2012. 65p.

PIMENTEL, A. K. S.; RIBEIRO, I. B. G.; ARAÚJO, K. K. S. Descarte irregular dos resíduos sólidos urbanos nos bairros Vergel do Lago e Jatiúca em Maceió-AL. **III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos – EPERSOL**, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife-PE, 2016.

WANG, J.; LI, Z.; TAMB, V. W. Y. Critical factors in effective construction waste minimization at the design stage: A Shenzhen case study, China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 82, p. 1–7, 2014.

WU, H.; WANG J.; DUAN H.; OUYANG L.; HUANG W.; ZUO, J. An innovative approach to managing demolition waste via GIS (geographic information system): a case study in Shenzhen city, China, **Journal of Cleaner Production**. V. 112, p. 494-503, 2016.

XIMENES, T. C. F. **Diagnóstico da Gestão Municipal dos Resíduos de Construção e Demolição e Seus Impactos Ambientais no Município de Paulista/PE**. 2018. 128f. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 2018.

ZAINUN, N. Y.; OTHMAN, W. Quantification and mapping of construction waste generation in Parit Raja. Appl. **Mech. and Mat.** p. 1032-1036, 2015.

4.3. PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROPOSTA METODOLÓGICA DE OBRA DE MÉDIO PORTE EM SÃO LUÍS – MA

SILVA, Júlio César Moraes
Universidade Ceuma
julio.odc@hotmail.com

FARIAS, Marylin Fonseca Leal de
Universidade Ceuma
marylin.farias@gmail.com

BEZERRA, Helton de Jesus Costa Leite
Universidade Ceuma
helton.costa@ceuma.br

RESUMO

A indústria da construção civil lida diariamente com os resíduos gerados a partir da execução de seus serviços sejam de reforma, construção ou ampliação. Com uma crescente preocupação com o meio ambiente, considerando também questões econômicas, muitas organizações desenvolvem leis, normas e diretrizes que atribuem responsabilidades aos geradores de resíduos. Uma dessas responsabilidades, para as empresas construtoras, é a de elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) para qualquer serviço de engenharia prestado. Por essa razão, essa pesquisa tem por objetivo elaborar uma proposta de PGRCC para uma obra na cidade de São Luís, Maranhão, que consiste em um prognóstico, que identifica, estima um quantitativo e classifica os resíduos provenientes da obra em questão; e as proposições, que sugerem ações ambientalmente corretas para o manuseio dos resíduos, ao passo e que se faz a orientação dos envolvidos na obra sobre o correto gerenciamento dos mesmos. Com um bom gerenciamento, foi possível prever a quantidade de resíduos gerados na obra e, dessa forma, facilitar a gestão deles, além de garantir que terão uma destinação final ambientalmente adequada.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Obra, Metodologia.

INTRODUÇÃO

Tendo em vista o crescimento desenfreado dos grandes centros urbanos e a consequente falta de planejamento desses espaços, a construção civil, ao longo dos anos, tem se apresentado como uma verdadeira garantia de que esses ambientes estão sempre em constante desenvolvimento. Segundo Farias, Fucale e Gusmão (2016), o setor da construção civil é avaliado como um dos mais consideráveis na economia de um país, entretanto, com a geração dos resíduos, provocam alterações no meio ambiente.

Esses aspectos ambientais começam desde a extração da matéria-prima até a destinação final dos resíduos. Porém, ao passo em que desempenha a função de desenvolver e aprimorar essas zonas urbanas, a construção civil também apresenta um potencial considerável na contaminação do meio, dado ao enorme volume de resíduos gerados nas obras, e na sobrecarga dos aterros sanitários. Para Moreira (2010), a construção civil está no topo dos setores que mais causam impactos ambientais, e o volume de resíduos sólidos gerados causam grande preocupação, à medida que sua correta destinação traz altos custos para administrações municipais. A caracterização para gestão e gerenciamento de resíduos de construção, são processos amplos com políticas públicas, leis e normas, vinculadas a atividades operacionais, realizadas por empreendedores e construtores, no sentido de antever, controlar e gerir a manipulação adequada dos mesmos (NAGALLI, 2014).

Em destaque existem medidas que garantem a manutenção do meio ambiente, através de regulamentações que responsabilizam os geradores de resíduos pelo seu próprio resíduo gerado. Wan, Shen e Yu (2014) avaliaram as aplicações de políticas públicas competentes para a reciclagem, os autores asseguram que quando estas políticas se afastam das normas individuais e da intenção de reciclagem, não considerando a identidade como um fator de influência no comportamento de reciclar, elas não alcançam o resultado esperado.

Os planos de gerenciamentos de resíduos sólidos da construção civil são ferramentas quem visam a prevenção dos aspectos e impactos ambientais decorrentes principalmente das etapas de destinação e disposição final dos resíduos. Com as estimativas de geração de resíduos no canteiro na obra, classificação dos resíduos originados, bem como os detalhamentos sobre as frentes de trabalhos e serviços de engenharia cria-se as proposições de ações, descritas para o melhor tratamento e reaproveitamento deste material. De acordo com as suas propriedades físico-químicas esses resíduos necessitam de tratamento típico, cujas ações devem ter foco na sustentabilidade econômica, social e ambiental (SCHERRER et al., 2014).

Portando, a presente pesquisa tem por objetivo elaborar uma proposta de Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) de uma obra no bairro Alemanha da cidade de São Luís – MA, relacionando, identificando e classificando quantitativa e qualitativamente os diferentes tipos de resíduos provenientes da obra em questão, que compreende, predominantemente, as etapas de reforma e ampliação, propondo ações ambientalmente corretas para o gerenciamento dos resíduos gerados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE –, em 2016, foram geradas no país cerca de 71,3 milhões de toneladas de resíduos. Quanto à disposição adequada no mesmo ano, cerca de 41,7 milhões de toneladas de RSU (Resíduos Sólidos Urbano), que representam 58,4% do coletado, seguiram para aterros sanitários.

De acordo com a ABRELPE (2015), em uma pesquisa com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2015, a população no Maranhão era de 6.904.241 habitantes e foi gerado cerca de 7.296 toneladas por dia de resíduos sólidos urbano, das quais apenas 4.340 toneladas foram coletadas. Dessa forma, aproximadamente 48,52% dos resíduos tiveram destino impróprio.

Com uma crescente preocupação com o meio ambiente, uma vez que os recursos naturais estão cada vez mais escassos, faz-se, naturalmente, evoluir uma consciência ecológica. Em diversas áreas, a aplicação da teoria do comportamento planejado se dá a fim de possibilitar a antecipação de comportamento (MARTINS; SERRALVO; JOÃO, 2014). O planejamento e a gestão dos resíduos sólidos gerados minimizam as ações inapropriadas que culminam em uma poluição ambiental. Com isto é notável a mudança de comportamento dos órgãos ambientais que estão cada vez mais empenhados em desenvolver melhorias na construção civil.

Política nacional dos resíduos sólidos

Sendo um instrumento da política ambiental, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10), dentro desse contexto, vem como uma medida necessária na luta pela proteção e manutenção do meio ambiente, buscando o desenvolvimento sustentável considerando também interesses econômicos e sociais. Tem como um dos mais importantes pilares a logística reversa, um instrumento que busca o desenvolvimento social e econômico através de ações que viabilizem a coleta e restituição dos resíduos sólidos para reaproveitamento ou reciclagem (PEREIRA, 2013). Os gestores governamentais em diversos países têm implementado políticas públicas como leis, regulamentos e diretrizes para disciplinar as atividades da construção civil, com o objetivo de reduzir os impactos ao meio ambiente e à saúde pública (LU; TAM, 2013).

Conforme BESEN et al. (2014), A Política de Resíduos Sólidos do Brasil preconiza o estímulo e o fortalecimento da coleta seletiva com a integração de catadores organizados, na prestação deste serviço. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos é uma importante ferramenta na legislação ambiental brasileira, uma vez que estabelece deveres, direitos e diretrizes não somente quanto ao gerenciamento dos resíduos domiciliares, mas também quanto a indústria e comércio. Para Silveira, Santana e Silva (2017, p. 276), diante a esta complexa realidade, a lei aborda em sua essência, uma série de definições diretrizes e instrumentos que visam garantir o implemento de processos para o gerenciamento eficaz dos resíduos gerados por pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado. Um dos seus pontos mais importantes é o de atribuir a cada gerador de resíduo a responsabilidade pelo seu próprio resíduo gerado.

Resolução CONAMA nº 307/02

A resolução do Conama nº 307/02 (e posteriores atualizações), que determina como prioridade a não geração de resíduos e a proibição da disposição final inadequada dos mesmos, como são aterros sanitários para resíduos doméstico, bota-foras, lotes vagos, áreas protegidas por leis e etc. Além disso, atribui responsabilidades ao poder público municipal e distrital e aos geradores de resíduos e estabelece classificações e adequadas destinações para os resíduos provenientes da construção civil (CONAMA, 2002).

Aos municípios é atribuída a responsabilidade de elaborar um Plano Integrado de Gerenciamento, o qual deve constar a implantação do Programa Municipal de Gerenciamento, de forma a disciplinar os geradores e transportadores de pequenos volumes, causadores de um numero representativo de pequenos impactos ambientais. Além da problemática elencada, que retrata o perfil funcional do sistema, os planos de gestão de resíduos sólidos atualmente elaborados enfrentam limitações no que se refere a área de atuação e continuidade dos serviços (SILVA et al., 2017).

As grandes geradoras de resíduos há necessidade de apresentação dos Planos de Gerenciamento, em obra, para que haja aprovação dos empreendimentos das construtoras, o que inclui a caracterização dos resíduos, em que há a identificação e quantificação dos mesmo; triagem, onde ocorre a separação dos resíduos, obedecendo as classificações já estabelecidas quanto ao grau de reciclagem e reutilização; acondicionamento, garantia de que os materiais serão devidamente confinados a fim de que se possa reutilizá-los ou recicla-los; e transporte e destinação, sempre assegurando o cumprimento das normas técnicas vigentes para transporte de resíduos.

É importante destacar que é a partir do entendimento dos princípios estabelecidos na Política Nacional de Resíduos Sólidos e na Resolução do Conama nº 307/02 e posteriores alterações que cada empresa se adequa a essas abordagens, conforme são suas realidades e perspectivas específicas (CONAMA, 2002).

Plano municipal de gestão integrada dos resíduos sólidos do município de São Luís - PMGIRS

Em 2015, foi elaborada uma proposta de Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos para São Luís. Entre muitas questões levantadas, destaca-se, principalmente, a questão da utilização do Aterro da Ribeira, um antigo aterro municipal localizado na parte sudeste da Ilha de São Luís. Apesar de o aterro operar com controle de entrada e saída, o plano previa o encerramento deste aterro com data máxima para novembro de 2014, uma vez que no mesmo não havia sistemas de controle para os gases gerados, apresentava drenagens de biogás insuficientes, o sistema pluvial era precário e misto ao de drenagem de chorume. Além de sua capacidade praticamente exaurida, também era inadequada sua proximidade com aeroporto (MACEDO, 2015).

Para FERREIRA et al., (2015 p.441) é importante destacar a grande importância a realização de um gerenciamento de RSU adequado, visto que favorece a minimização de impactos ambientais provocados pelo descarte inadequado desses resíduos sólidos. Além disso, foi a partir da proposta do Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos que foram adotados ecopontos em São Luís, os quais recebem os resíduos que não são recolhidos pela coleta convencional da Prefeitura (MACEDO, 2015). Dessa forma, há, dois tipos de destinação final para os resíduos em São Luís: os da coleta da Prefeitura, que seguem para a Central de Gerenciamento Ambiental TITARA; e os que não são recolhidos pela coleta convencional da Prefeitura, como os resíduos provenientes da construção civil, que seguem para os ecopontos instalados na cidade, onde são separados e vendidos para as empresas receptoras. Ambas as alternativas oferecem destinação final ambientalmente corretas, porém fica incompleto o ciclo dos resíduos que seguem para os ecopontos, uma vez que não se pode prever para qual fim serão utilizados.

Plano de gerenciamento de resíduos da construção civil

Quanto aos impactos decorrentes das atividades do setor, outro ponto relevante consiste na implantação de sistemas de gestão de Resíduos da Construção Civil (RCCs) eficientes, procurando evitar os custos de retrabalho e redução de dificuldades relativos a descarte em locais inadequados (LEITE et al., 2018). Como um dos métodos de controle de resíduos e de garantia que os mesmos terão destinação final ambientalmente correta, seguindo as diretrizes e normas estabelecidas, tem-se o PGRSCC - Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil um documento técnico de extrema importância para as empresas construtoras, as grandes geradoras de resíduos provenientes da construção civil. Identificando, quantificando e classificando os tipos de resíduos gerados a partir de construções, reformas, demolições e outros serviços de engenharia é possível controlar os gastos que as empresas terão com esses resíduos, além de garantir que todas as leis e normas das políticas ambientais sejam respeitadas. É de extrema importância a elaboração do PGRSCC para cada obra ou serviço de engenharia a ser desenvolvido (ROS; MAZONI, 2006).

Um dos maiores propósitos do PGRSCC é o de garantir que as empresas construtoras tenham compromisso com a preservação dos recursos ambientais. E, quando se fala em desenvolvimento sustentável, para qualquer empresa, de qualquer área de atuação, há um eixo em que os princípios sustentáveis podem ser empregados, de forma que se possa garantir a continuidade ao longo dos anos (STEPHANOU, 2013).

O PGRSCC de uma obra precisa estar integrado à estrutura organizacional da empresa, e, portanto, ser parte da mesma, e não uma ação pontual e fora do contexto, do pensamento e das práticas empresariais. Portanto, se a empresa possui algum programa da qualidade, seja

certificações ISO, seja Sistema de Gestão Ambiental – SGA, 5S, ou outros, o PGRSCC deve ser inserido como uma nova ação dentro do que já existe. (ROS; MAZONI, 2006, p. 38)

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido na cidade de São Luís, capital do Estado do Maranhão, localizada no litoral do Estado e possui uma população, segundo estimativa de 2017 do IBGE, de 1.091.868 habitantes. O canteiro de obras foi instalado na Avenida Dom José Delgado no bairro Alemanha. A obra compreendeu os serviços de reforma, ampliação e construção de uma unidade escolar, cuja área total prevista para haver os citados serviços de engenharia (área construída) é de 3846,85 m², de uma área de terreno equivalente a 5056,00 m².

De acordo com os serviços que foram executados, o número de funcionários oscilou de 10 a 30 trabalhadores. Os dados que foram utilizados para o estudo do caso, foram dos serviços prestados entre os meses de maio de 2017, mês em que se instalou o canteiro de obras e se deram início as execuções dos serviços, e outubro de 2017. A obra tem previsão de término e entrega para o mês de fevereiro de 2018. Para facilitar o manuseio de informações e aproximação de valores quanto a geração de resíduos, pode-se adotar toda a área da obra como sendo composta por dois menores grupos: a administração, área em que os trabalhadores se preparam para a execução dos serviços, composta pelo escritório, almoxarife, banheiros, vestiários e etc; e o canteiro de obras, que compreende toda a área em que os serviços de engenharia previstos na planilha orçamentária foram necessariamente executados.

O PGRSCC (Plano de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil) da obra em questão foi dividido em duas etapas: o prognóstico, que caracteriza quantitativa e qualitativamente os resíduos gerados, e as proposições de ações, que são sugestões de alternativas ambientalmente corretas para o manuseio dos resíduos, como indicativos de acondicionamento, transporte e destinação final.

O prognóstico constituiu-se em uma estimativa baseada nos documentos fornecidos pela empresa construtora, como o contrato com uma empresa terceirizada responsável pela prestação de serviço de coleta dos resíduos. Dessa forma foi possível chegar a um valor aproximado de geração de resíduos. Com isto, os resíduos foram classificados e segregados de acordo com os tipos de resíduos gerados, sendo informada a data da coleta e a sua destinação final.

Para as proposições, procurou-se as diretrizes estabelecidas nas resoluções e normas técnicas vigentes. Também procurou-se atender os conceitos da não geração, da redução, da reutilização e da reciclagem dos resíduos já no canteiro de obras. Após a análise dessas informações, foi feita a elaboração de uma proposta de Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PRGCC para a empresa responsável por esta obra em questão. Durante todo o processo, foram feitas orientações aos responsáveis envolvidos sobre as consequências do mal gerenciamento dos resíduos, bem como sobre as ações alternativas ambientalmente corretas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A administração do canteiro de obras é composta pelo escritório, almoxarife, banheiros, vestiários. Dessa forma, os resíduos gerados são predominantemente resíduos comuns, como papéis, copos e pratos descartáveis, plásticos em geral, alguns orgânicos e papelão. Em quantidade mínima, pode-se verificar a geração de resíduos como cartuchos, toners de impressão e pilhas, que podem ser nocivos à saúde humana.

Segundo Moraes (2017), com dados fornecidos pela Central de Gerenciamento Ambiental TITARA, foi estimado que São Luís produz diariamente cerca de 900 toneladas de entulhos e, considerando que a população é de 1,091,868 habitantes (IBGE, 2017), a geração de resíduos sólidos é aproximadamente 0,83 kg/dia/hab.

Considerando a jornada de trabalho de 8 horas por dia, tem-se um valor aproximado de 0,415 kg/dia/hab atuantes na obra. O número de trabalhadores pode variar de 10 a 30, logo, a variação de produção de resíduo gerado por dia na obra no setor da administração pode variar entre 4,15 e 12,45 kg/dia.

Como pode ser observado abaixo (Figura 1), na administração e almoxarife, há algumas lixeiras e nelas é feito o armazenamento temporário dos resíduos que são gerados. A partir desse ponto, as sacolas são transferidas para a lixeira da escola, um depósito em alvenaria de tijolo cerâmico 3x1m localizado próximo ao estacionamento da escola.

Figura 1. Acondicionamento inicial e temporário dos resíduos da administração do canteiro de obras



Fonte: O autor

Prognóstico do canteiro de obras

A caracterização dos resíduos se deu através da percepção dos serviços que estão sendo executados. Por exemplo, na frente de trabalho que consistia na reforma do auditório, houve troca de telhas fibrocimento, troca de terças de madeira da cobertura, retirada de forro de isopor, troca do carpete do piso, troca dos condutores da instalação elétrica e cortes na alvenaria para adição de pontos de tomadas e lógica. A estimativa de resíduos considerou os desperdícios de materiais, dessa forma, alguns serviços não foram apresentados em quadro, já que eles não geram resíduos sólidos diretamente em sua execução, como raspagem da pintura da alvenaria, aplicação de massa acrílica, lixamento e execução de pintura das áreas reformadas. A estimativa de geração de resíduos de acordo com as frentes de trabalho.

Quadro 1. Estimativas de geração de resíduos sólidos da construção civil

Frentes de Trabalho	Descrição dos Serviços	Estimativa de Geração de Resíduos	Unidade	Observações
Reforma na recepção, secretaria, sala de RH, sala de arquivos, sala de	Demolição de alvenaria em gesso	0,41	m ³	
	Demolição de piso cerâmico	20,57	m ²	

EAD e sala de Orientação Educacional	Corte na alvenaria para tubulação de ar condicionados.	0,021	m³	
Reforma do auditório	Retirada de forro de isopor, incluindo armação de ferro	96,9	m²	
	Troca de peças de madeira da cobertura	8	unid	Terças com pelo menos 4,1 m de comprimento
	Troca de telhas fibrocimento	97,97	m²	
	Troca de carpete do piso	96,9	m²	
	Retirada de condutores e eletrodutos da antiga instalação elétrica	394,8	m	Cálculo para 10 tomadas, 12 luminárias e 2 ar condicionados
	Troca de calhas da cobertura	16,5	m	
	Corte na alvenaria para adição de pontos de tomada e lógica	0,179	m³	Cálculo para adição de 12 tomadas e 5 pontos de lógica
Reforma das salas 7 B/E, 9 B/D, Sala Gameduca 2, Sala de orientação aos pais e corredor 1.	Retirada de forro PVC, incluindo armação de ferro	156,51	m²	
	Troca de peças de madeira da cobertura	20	unid	Terças com pelo menos 4 m de comprimento
	Troca de telhas fibrocimento	158,24	m²	
	Troca de calhas da cobertura	41,05	m	
	Retirada de condutores e eletrodutos da antiga instalação elétrica	1506,5	m	Cálculo para 16 tomadas, 27 luminárias e 4 ar condicionados
	Corte na alvenaria para adição de pontos de tomada e lógica	0,252	m³	Cálculo para adição de 17 tomadas e 7 pontos de lógica

Reforma da área do playground	Retirada de carpete	126,67	m ²	
	Demolição de piso em concreto	1,8	m ³	
	Troca de grelhas do sistema de escoamento de água	6	unid	Peças com seção 70 x 70 cm
Demolição de banheiros de funcionários e de alunos para construção de sala Gameduca 1 e relocação dos banheiros	Retirada de forro PVC, incluindo armação de ferro	84,41	m ²	
	Demolição de revestimento cerâmico	145,29	m ²	
	Demolição de alvenaria em tijolo cerâmico	6,89	m ³	
	Demolição de piso cerâmico	86,66	m ²	
	Retirada de condutores e eletrodutos da antiga instalação elétrica	428,2	m	Cálculo para 8 tomadas e 12 luminárias.
	Corte na alvenaria para adição de pontos de tomada e lógica	0,158	m ³	Cálculo para adição de 12 tomadas, 2 pontos de lógica e 1 ar condicionado
	Corte na alvenaria para abertura de esquadrias	2,68	m ³	
Reforma do hall de entrada e fachada da escola	Demolição de calçada	6,57	m ³	
	Troca de telhas fibrocimento	137,77	m ²	
	Demolição da calçada do corredor de acesso a quadra poliesportiva	3,69	m ³	
Reforma das salas 3 A/C, 3 B/D, 9 C/F, 9 A/D, almoxarife da escola e corredor 2.	Retirada de forro PVC, incluindo armação de ferro	336,19	m ²	
	Troca de peças de madeira da cobertura	18	unid	Terças com pelo menos 4 m de comprimento
	Troca de telhas fibrocimento	339,89	m ²	
	Retirada de condutores e eletrodutos da antiga instalação elétrica	2348,84	m	Cálculo para 19 tomadas, 28 luminárias e 2 ar condicionados

	Corte na alvenaria para adição de pontos de tomada e lógica	0,294	m ³	Cálculo para adição de 20 tomadas e 8 pontos de lógica

Demolição de depósito e ambulatório para construção de sala de orientação esportiva	Demolição de alvenaria em tijolo cerâmico	0,67	m ³	
	Retirada de forro PVC, incluindo armação de ferro	12,24	m ²	
	Troca de peças de madeira da cobertura	5	unid	Terças com pelo menos 3 m de comprimento
	Troca de telhas fibrocimento	12,38	m ²	
	Corte na alvenaria para adição de pontos de tomada e lógica	0,074	m ³	Cálculo para adição de 4 tomadas e 3 pontos de lógica.
Itens diversos	Baldes em ferro de tinta para alvenaria	20	unid	Cálculo considerando 2 demãos de tinta, 150 m ² cada balde
	Baldes em ferro de tinta para calçada	1	unid	Cálculo considerando 2 demãos de tinta, 150 m ² para um balde
	Baldes plásticos de primer (breu)	2		Cálculo considerando 300 m ² para um balde
	Baldes em ferro de selador	22		Cálculo considerando aplicação em alvenaria e piso, 500 m ² para cada balde
	Baldes plásticos de massa acrílica	10	unid	Cálculo considerando 1 demão de massa, 300 m ² cada balde

Fonte: Os autores

Esses resíduos foram divididos em quatro classificações de acordo com suas propriedades e graus de reciclagem e reutilização. Na classificação A, tem-se resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, como cimentos, tijolos cerâmicos, argamassas, cerâmicas para revestimento, concreto e solos. Na classe B, tem-se resíduos recicláveis, porém com outras destinações, como plásticos, papel, metais, vidros, madeiras, gesso e etc. (Redação dada pela Resolução nº 469 (CONAMA, 2015)). A Redação dada pela Resolução nº 431/2011 atribui classificações para as classes C e D (CONAMA, 2011). Primeiramente, classificou-se como resíduos em que ainda não há tecnologias suficientes para sua reciclagem, recuperação ou aplicações economicamente viáveis. Para a segunda, tem-se resíduos perigosos, provenientes do processo de construção, como tintas, solventes, óleos, instalações industriais entre outros (CONAMA, 2002), conforme observado a seguir (Quadro 2).

Quadro 2. Materiais e Suas Classificações segundo Resolução do Conama 307/02

Classe	Materiais
Classe A	Telha fibrocimento
	Tijolo cerâmico e argamassa
	Cerâmicas
	Concreto
	Solo
Classe B	Ferro
	Alumínio
	Madeira
	Material sintético
	Condutores (cobre)
	Policloreto de vinila (PVC)
	Gesso
	Borracha
	Eletroduto
Classe C	Isopor
Classe D	Tintas

Fonte: Adaptado de CONAMA (2002)

O acondicionamento interno inicial ocorreu no próprio canteiro de obras. A maioria dos materiais foram armazenados em pilhas, para facilitar a segregação e manter a área do canteiro de obras organizada, como isopor, ferro, alumínio, madeira, telhas fibrocimento e PVC. O material sintético com borracha foi enrolado e recolhido para um galpão, juntamente com os condutores e eletrodutos. Depois do acondicionamento inicial, os resíduos foram transportados para a caçamba que ficava na área externa da escola. Outros materiais provenientes de demolições (exceto gesso, empilhado separadamente) como alvenaria, concreto e revestimentos cerâmicos foram transportados diretamente para a caçamba estacionária externa por apresentarem um volume maior em relação aos outros. Pode-se observar o acondicionamento inicial de alguns materiais nas imagens a seguir (Figura 2).

Figura 2. Acondicionamento inicial de alguns materiais.



Fonte: Os autores.

O acondicionamento inicial, em pilhas, de forro PVC, telhas fibrocimento, forro em isopor, ripas e terças de madeira, tapume de aço e, em rolos, as calhas da cobertura (Figura 2). O acondicionamento de resíduos provenientes de demolições, predominantemente resíduos de alvenaria, como cerâmicas, tijolos cerâmicos, argamassa; resíduos provenientes de escavações, como solo; e cerâmicos para piso (Figuras 3 e 4).

Figura 3. Acondicionamento inicial de resíduos de alvenaria



Fonte: Os autores

Figura 4. Acondicionamento inicial de demolições e solos



Fonte: Os autores

Em sequência, foi feito o requerimento de uma caçamba de uma empresa terceirizada responsável por fazer o recolhimento dos resíduos, em que os trabalhadores fizeram a transferência dos mesmos de uma caçamba para outra.

Os resíduos gerados no setor da administração são coletados pela Prefeitura de São Luís e encaminhados para a Central de Gerenciamento Ambiental TITARA, localizada no município de Rosário, localizado a cerca de 60 km da capital maranhense. A central atua com ações ambientalmente corretas, sempre atendendo a alta demanda gerada pelo crescimento do setor logístico e industrial da região. Para os resíduos gerados no setor da administração, o acondicionamento inicial deve ser feito em recipientes que sejam identificados e segregados, conforme a Resolução do Conama nº275 de 2001, que estabelece um código de cores para os variados tipos de resíduos (CONAMA, 2001).

Proposições de ações para o canteiro de obras

Para o acondicionamento dos resíduos gerados no canteiro de obra, há regulamentações que devem ser seguidas de acordo com a Resolução do Conama nº 375 de 2002. Dessa forma, pode-se apresentar a seguir (Quadro 3), as descrições e recomendações para os resíduos gerados a partir da execução dos serviços de engenharia:

Quadro 3. Classificações e Acondicionamento segundo Resolução do Conama nº 375/02

Classe A	Pode-se utilizar caçambas estacionárias, em locais de fácil retirada pela empresa contratada
Classe B	Deve-se utilizar bombonas revestidas internamente por saco de rafia ou em pilhas formadas nas proximidades das próprias bombonas
Classe C	Deve-se acondicionar em pilhas próximas aos locais de geração

Fonte: Adaptado da Resolução do Conama nº 375 de 2002.

Como o resíduo de tinta foi o único exemplo de resíduo Classe D encontrado na obra, foi sugerido as regulamentações propostas pela ABRAFATI (Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas). As orientações são de armazenar corretamente a tinta e os instrumentos de pintura durante a execução de serviços; não guardar sobras de tintas; limpar os instrumentos de pintura apenas no final do trabalho; não lavar as latas para não gerar efluentes poluidores; inutilizar as embalagens no momento dos descartes; encaminhar as latas para áreas de reciclagem e guardar

sobras de solventes em recipientes fechados para utilização futura. Na etapa de transporte, o veículo não apresentou proteção às intempéries, para que pudesse ser garantida a qualidade do material a fim de que fosse devidamente reciclado e ainda evitar o vazamento ou derramamento de resíduos nas vias. A utilização de uma lona que cobrisse a superfície exposta da caçamba poderia atender bem as exigências contempladas na ABNT NBR 13221/03 (Transporte Terrestre de Resíduos), que especifica os requisitos para o transporte terrestre de resíduos, para que se evite danos ao meio ambiente e ainda proteja a saúde pública (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003).

É importante destacar também que, em algumas ocasiões, a comunidade em torno do canteiro de obras passou a descartar resíduos na caçamba estacionária destinada aos resíduos da obra, dessa forma infringindo outro ponto da NBR 13221, que diz respeito ao material não poder ser transportado juntamente a resíduos domésticos, como alimentos para consumo humano ou animal. Portanto, conscientizar as pessoas que a caçamba não era o local ideal para descarte de resíduos domésticos se faz necessário (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003). Em algumas ocasiões, os serviços de demolições geraram muitos resíduos, dessa forma, o volume da caçamba estacionária não foi suficiente para a grande demanda e uma parte deles ficou acondicionado na calçada até que fosse recolhida pela empresa de coleta.

CONCLUSÕES

Com o decorrer dessa pesquisa, foi observado que com a elaboração de um Plano de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil é possível não somente prever a quantidade de resíduos que serão gerados, mas também que um correto gerenciamento garante que os resíduos terão destinação final ambientalmente correta. Pode-se observar, também, que com a utilização de metodologias para acondicionar corretamente os resíduos, houve uma melhora significativa no canteiro de obras com relação a organização do mesmo.

É perceptível que no decorrer da obra, prioriza-se muito a rapidez da execução dos serviços, já que se trabalha com prazos estabelecidos e, dessa forma, há pouca preocupação com a geração de resíduos e com os destinos que a eles serão atribuídos. Em razão disso, há pouca ou nenhuma troca de informação a respeito das questões ambientais com os profissionais envolvidos na obra.

Portanto, para que se mantenha os bons efeitos do correto gerenciamento dos resíduos da construção civil, se faz necessário uma instrução aos profissionais envolvidos na obra. É interessante criar uma consciência ecológica nos trabalhadores e gestores com palestras, ou capacitações, em que sejam abordadas as políticas ambientais vigentes no Brasil e que se faça claro que todas as medidas tomadas são provenientes de leis, normas e diretrizes que devem ser respeitadas.

Com a contribuição das prefeituras para continuar a oferecer alternativas para a destinação final dos resíduos, uma boa consciência dos gestores de obras, dos trabalhadores, da sociedade e, principalmente, os ensinamentos a respeito do desenvolvimento sustentável nos ambientes escolares, pode-se garantir a sustentabilidade dos recursos, de forma que a nossa e as próximas gerações possam ter uma melhor qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13221**: Transporte terrestre de resíduos. Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS – ABRAFATI. **Pintando de todas as cores, sem prejudicar o verde**: Um guia para evitar sobras de tintas e cuidar das embalagens vazias. Disponível em <<https://www.abrafati.com.br/wp-content/uploads/2015/05/cartilha-todas-as-cores-2015-completa.pdf>>. Acessado em: 15 nov. 2017.

BESSEN, G. R. et al. Coleta seletiva na região metropolitana de São Paulo: impactos da Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Ambiente & Sociedade*, v. 17, n. 3, p. 259-278, 2014.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 275 – Estabelece código de cores para diferentes tipos de resíduos na coleta seletiva**. Diário Oficial da União, 2001.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 307 – Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da União, 2002.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 431 – Altera os incisos II e III do art. 3º da Resolução nº. 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, estabelecendo novas definições para as classificações B e C de resíduos**, 2011.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 469 – Altera o inciso II do art. 3º, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, estabelecendo nova definição para a classificação B de resíduos, e inclui os § 1º e 2º**, 2015.

FERREIRA, J. **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas [livro eletrônico]** In: EL-DEIR, S. G. (Org.). Recife: Edufrpe, p. 439-449, 2015.

FARIAS, A.; FUCAL, S.; GUSMÃO, A. Diagnóstico de Gestão de Resíduos da Construção Civil no Município de Olinda. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 1, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama São Luís**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/sao-luis/panorama>>. Acessado em: 11 nov. 2017.

LEITE, J. I. C. A.; DAMASCENO, J. L.; REIS, A. M.; ALVIM, M. Gestão de resíduos na construção civil: um estudo em Belo Horizonte e região metropolitana. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**. v. 14, n. 1 pp 159 – 175, 2018

LU, W.; TAM, V. W. Y. Construction waste management policies and their effectiveness in Hong Kong: A longitudinal review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, 214-223, 2013.

MACEDO, L. A. A. **Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos do Município de São Luís – PMGIRS**. São Luís. 2015.

MARTINS, E. C. B.; SERRALVO, F. A.; JOÃO, B. N. Teoria do comportamento planejado: Uma aplicação no mercado educacional superior. **Gestão & Regionalidade**, São Paulo. v. 30, n. 88, p. 107-122, 2014.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil** - São Paulo: Oficina de Textos, 2014

PEREIRA, R. C. C. **Logística Reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p 76. 2013.

ROS, D. C.; MAZONI, P. **Porquê e Como elaborar um Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em um Canteiro de Obra**. 1º ed. Brasília – DF: Rbucar, 2006.

SCHERRER, A.; SILVA, J. L. G.; BRITO, L. A. P. F. Estudo da influência do crescimento da construção civil na deposição de resíduos sólidos: estudo de caso no município de Caraguatatuba. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 10, n. 2, p. 243-263, 2014.

SILVA.; **Resíduos sólidos [livro eletrônico] Diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**. In: EL-DEIR, S G. (Org.). Recife: Edufrpe, p. 276-283, 2017.

SILVEIRA, C. H. M.; SANTANA, E. B; SILVA, F. A. S. **Resíduos sólidos [livro eletrônico] Diagnósticos e alternativas para a gestão integrada**. In: EL-DEIR, S G. (Org.). Recife: Edufrpe, p. 149-158, 2017.

STEPHANOU, J. Gestão de Resíduos Sólidos: Um modelo integrado que gera benefícios econômicos, sociais e ambientais. **Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Administração)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 48. 2009.

WAN, C.; SHEN, G. Q.; YU, A. The moderating effect of perceived policy effectiveness on recycling intention. **Journal of Environmental Psychology**, v. 37, p. 55-60, 2014.

4.4. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE DOS IMPACTOS PROVENIENTES DO REGIME DE EXECUÇÃO DO PROJETO

SILVA, Daniel Bruno Pinto da
Universidade de Pernambuco
danielbruno.silva@hotmail.com

PESSOA, Rodrigo Gabriel Avelino de Queiroz
UPE
rodrigo.gaqp@gmail.com

SANTOS, Cleyton Roberto Bezerra dos
UPE
cleyton-bezerra@hotmail.com

LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz
UPE
klafayette@poli.br

RESUMO

A construção civil é um dos principais setores responsáveis pelo crescimento e manutenção da economia brasileira. Por ter essa relevância, torna-se um agente modificador do meio, já que suas atividades exploram os recursos naturais e acabam gerando uma grande quantidade de resíduos, os quais trazem perturbações para o meio ambiente. O objetivo do presente trabalho é analisar os regimes de execução (incorporação e condomínio) que influenciam na geração de resíduos da construção civil (RCC). A metodologia consistiu em definir os parâmetros construtivos para comparação dos índices de geração RCC, em seguida foi realizada uma coleta de dados de geração de resíduos de cinco obras, junto com informações sobre os perfis construtivos de cada edificação. Para obras de condomínio fechado encontrou-se um índice médio de 127,29 kg/m², enquanto que os edifícios com regime de incorporação possuem 151,21 kg/m². Foi possível concluir que, para as obras analisadas, o regime de execução influenciou na geração de RCC, pois o índice de geração de resíduos para construções no regime de incorporação é 18,78% maior do que nas obras de condomínio fechado. Fatores como prazo de execução e método de pagamento de cada um dos regimes analisados impactaram na geração total de resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: RCC, indicadores de sustentabilidade, gestão.

INTRODUÇÃO

O crescimento dos centros urbanos impulsiona o avanço no setor da construção civil, levando a um aumento da utilização de insumos. Por se tratar de um setor que ocasiona modificações na paisagem local (SILVA et al., 2014; BEZERRA et al., 2016), acaba se tornando um dos grandes consumidores de recursos naturais, representando, aproximadamente, de 20% a 50% dos recursos que sociedade consome (MESQUITA, 2012; WU et al., 2014), gerando, dessa maneira, uma grande quantidade de resíduos ao longo da cadeia construtiva (OLIVEIRA et al., 2014; KERN, 2015).

Nesse contexto, os Resíduos da Construção Civil (RCC) acabam causando problemas à administração pública, uma vez que são gerados em larga escala e faltam ambientes adequados para sua destinação final. Entretanto, algumas alternativas estão surgindo para atender às necessidades econômicas, ambientais e sociais quanto a esse assunto, como por exemplo, a reutilização de resíduos na própria obra como agregados (SENA et al., 2013). Segundo Dias (2013), para compreender os motivos da elevada geração de RCC é necessário entender os pormenores característicos do setor que os diferenciam das demais indústrias da cadeia produtiva.

A problemática causada pela geração de resíduos da construção civil leva a uma série de perturbações para a saúde humana e para o meio ambiente, das quais se pode citar o elevado desperdício de materiais no canteiro de obras que não são descartados em ambientes legalmente adequados bem como a ausência de práticas de reutilização e reciclagem pela administração pública, contribuindo com a proliferação de vetores de doenças e poluições ambientais e estéticas (SOUZA; SILVA, 2016).

Os municípios coletaram aproximadamente 45 milhões de toneladas de resíduos da construção e demolição em 2015, representando um crescimento de 1,2% quando comparado a 2014 (ABRELPE, 2015). Já em 2016, foram coletados cerca de 45,1 milhões de toneladas, o que retrata uma redução de 0,08% em relação a 2015. Em contrapartida, em 2016, a região Nordeste apresentou um aumento de 0,32% da coleta diária em toneladas dos resíduos da construção e demolição quando comparado a 2015. Este cenário requer atenção especial, uma vez que a quantidade total desses resíduos é ainda maior, visto que os municípios, geralmente, coletam somente os resíduos lançados ou abandonados nos logradouros públicos (ABRELPE, 2016).

Para Torres (2017), as empresas privadas brasileiras vêm apresentando avanços quanto aos conceitos de recepção, triagem e britagem, devido a investimentos que estão sendo realizados. A reciclagem de RCC tem recebido o auxílio de oficinas e serralherias que proveem equipamentos tanto para utilização no Brasil como em diversos países da América do Sul. Devido à eficiência das máquinas e valorização do produto se comparada aos equipamentos importados, a tecnologia para tratamento dos resíduos da construção civil já é exportada.

Obter soluções que diminuam os impactos ambientais das atividades relacionadas ao setor da construção civil apresenta-se, dessa forma, como de grande importância para o progresso de um desenvolvimento sustentável mais abrangente, principalmente, quando se relaciona os aspectos ambientais com a utilização racional de recursos, e com o descarte de resíduos. Porém, a disposição final desses resíduos acaba encontrando alguns empecilhos, devido aos custos com transporte e à dificuldade em encontrar locais que estejam de acordo com as exigências ambientais (GONÇALVES, 2016). A Resolução do Conama nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) definem as responsabilidades compartilhadas aos geradores, transportadores e gestores municipais quanto ao gerenciamento dos resíduos da construção civil (SINDUSCON/CE, 2011).

O presente trabalho tem o objetivo de analisar a geração de resíduos sólidos de cinco obras localizadas na cidade de Recife-PE. A geração desses resíduos foi analisada tomando como parâmetro o regime de execução utilizado em cada obra, verificando se o mesmo influencia na geração e nos índices de RCC em relação às áreas construídas das edificações.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Impactos ambientais devido aos RCC

Todo produto, de alguma forma, causa no ecossistema um impacto que pode ocorrer tanto durante a extração das matérias-primas, quanto no processo de fabricação, na distribuição, no seu uso; ou, também, na sua disposição final (CAMPOS, 2012). O setor da construção civil é reconhecido como um setor fundamental da sociedade, responsável por geração de empregos e desenvolvimento econômico do país, por outro lado, é o setor responsável por colaborar negativamente na intensa utilização de recursos naturais e também na geração de resíduos sólidos (KERN, 2015).

No Brasil, há uma estimativa de que os resíduos originados do setor de construção civil representam de 41 a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos (BRASILEIRO; MATOS, 2015). Kohlman Rabbani et al. (2013) ainda afirmam que, para que o Brasil seja um país mais sustentável do ponto de vista ambiental, o setor da construção civil precisará realizar mudanças nos atuais modelos de trabalho. Os processos construtivos da indústria da construção civil ainda são bastante ineficientes em garantir um uso mais racional de seus materiais nos canteiros de obras.

O consumo desnecessário de material resulta numa elevada produção de resíduos, reduz a disponibilidade de matérias-primas e energia e causa uma demanda desnecessária no sistema de transporte (WU et al., 2014). Para Lima (2014), a geração de resíduos sólidos tem uma ligação direta com os problemas ambientais, os quais estão profundamente relacionados com a deterioração de recursos naturais, comprometendo dessa forma a estabilidade dos ecossistemas.

Os impactos gerados pela geração de RCC não se limita apenas aos aspectos de limitações de áreas para disposição final ou reciclagem, a produção exagerada desses resíduos reflete também na exploração desnecessária dos recursos naturais para produzir determinados insumos. Segundo dados de Silva, Santos e Araújo (2017), o resíduo que representa a maior parcela de RCC é o resíduo de argamassa e o principal componente da argamassa, o cimento, é responsável pela emissão de 600 gramas de Dióxido de Carbono (CO₂) para cada quilograma fabricado, segundo valores do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2013). Ainda de acordo com dados do SNIC (2013), a indústria do cimento é responsável por 5% das emissões de CO₂ na atmosfera. Outros materiais que também são gerados em fase de construção e demolição de uma obra, são: concreto, tijolos, madeira, vidro, plástico e outros (GAYARRE et al., 2014; PEPE et al., 2014)

Além desses impactos a níveis globais, a pesquisa de Maury e Blumenschein (2012) indica como o processo produtivo do cimento tem sido apresentado como gerador de impactos tanto ambientais, como sociais. Impactos relacionados com as comunidades no entorno das fábricas, tanto por gerarem problemas no meio natural como por questões relacionadas à saúde humana, tais como: contaminações no ar, na água ou no solo.

Na construção civil, uma grande parte dos profissionais não tem conhecimento da quantidade de RCC que é produzida pelas atividades intrínsecas ao setor e mesmo quando passam a entender a poluição ambiental que estão causando, não dispõem de orientação sobre as etapas necessárias para destinar de maneira correta os resíduos, os quais podem ser separados e reutilizados na própria obra ou serem beneficiados através de uma reciclagem externa. Os resíduos beneficiados podem ser utilizados em alguns casos com aplicações estruturais em edifícios (MEDINA et al., 2015). Aplicar processos que preservem o meio ambiente está diretamente relacionado com a diminuição dos impactos ambientais originados pelo setor (MARINHO; SILVA, 2012).

Devido à ausência de desenvolvimento de novas tecnologias e por ter uma característica artesanal, o setor da construção civil possui níveis de desperdício bastante elevados. Para

combater isto, é de extrema importância o uso correto dos materiais, para com isso reduzir as perdas geradas no canteiro de obras, e, por consequência, colaborar para a redução da exploração dos recursos naturais (SILVA et al., 2015).

Sendo assim, a implementação ou aperfeiçoamento de programas de diminuição de desperdícios nas etapas do processo construtivo e gestão para a adequada deposição dos resíduos ajudando a reduzir os RCC (SILVA; BICALHO; OLIVEIRA; 2018). Construtoras que praticam o reuso, a coleta seletiva e a reciclagem dos resíduos, têm benefícios significativos, reduzindo-se, por exemplo, os gastos com matéria prima e transporte de resíduos, taxas de despejo de materiais em aterro, entre outros (ADDIS, 2010).

Avanços da legislação quanto a deposição de RCC

Devido ao crescente impacto da construção civil ao meio ambiente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA apresentou a resolução nº 307/2002 (CONAMA, 2002), que trata das responsabilidades dos geradores de resíduos pela destinação final dos mesmos. Esta resolução está em vigor desde de julho de 2002, designando diretrizes, critérios e procedimentos para uma melhor gestão dos RCC (Resíduos da Construção Civil), regulando as ações necessárias com o intuito de reduzir os impactos ambientais.

Com a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da Lei 12.205/10, os Municípios e Distrito Federal passaram a ser os responsáveis pela gestão dos RCC (BRASIL, 2010). De forma a tornar efetiva a participação, deveria ser elaborado um Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos, que agregasse um programa municipal de gerenciamento dos RCC e projetos de gerenciamento desses resíduos pelos seus geradores – Resolução nº 448 (BRASIL, 2012).

Ainda de acordo com a resolução CONAMA nº 307/2002, os RCC são classificados em A, B, C e D. A classe A abrange os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados (tijolos, concreto, argamassa, blocos, telhas, placas de revestimentos, solos provenientes de terraplanagem, entre outros); A classe B inclui os resíduos recicláveis para outras destinações (plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e gesso); A classe C contém os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente inviáveis que tornem possível a sua reciclagem ou recuperação; A classe D engloba os resíduos perigosos provenientes do processo de construção (tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos) (CONAMA, 2002).

METODOLOGIA

A primeira etapa da pesquisa foi definir os parâmetros que serão analisados para comparar os indicadores de geração de resíduos entre as obras, além de limitar o tipo de construção para garantir uma certa similaridade entre os empreendimentos. A coleta de dados foi realizada na etapa seguinte, onde foram selecionadas as obras de acordo com o sistema de execução, para verificar se as alterações influenciariam na geração de resíduos.

O número de obras analisadas foi definido de acordo com a disponibilidade da construtora em fornecer os dados de RCC. As únicas limitações impostas para a coleta de dados foram a tipologia do empreendimento que deveriam ser edifícios verticais e possuir o registro de geração de resíduos completo, do início ao fim da obra.

As edificações escolhidas são pertencentes a uma única empresa incorporadora que atua na região Nordeste e possui mais de 30 anos de atuação no mercado. Sua sede encontra-se na cidade do Recife, e além de Pernambuco, a companhia opera nos estados de Alagoas, Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará. A construtora é de grande porte e possui um sistema de gestão integrada de qualidade com os certificados internacionais de qualidade, saúde e segurança e meio ambiente. Todos os empreendimentos estão situados no município de Recife no Estado de Pernambuco e

possuíam um sistema de gestão de resíduos com metas mensais de geração durante a fase de construção.

Os dados de RCC foram coletados nos canteiros de obras, pela equipe administrativa das obras, durante a construção dos edifícios. A empresa possui um controle com informações de geração de RCC mensal, com dados de geração de resíduos de Classes A, B, C e D, de acordo com a classificação da Resolução CONAMA nº 307/2002 (CONAMA, 2002). A cada dois meses são realizadas auditorias onde as informações são conferidas com os tickets emitidos pelas usinas beneficiadoras responsáveis pela destinação final dos resíduos.

Algumas das empresas de destinação de resíduos, antes do mês de dezembro de 2014, não possuíam balanças rodoviárias para calcular o peso das caçambas estacionárias. Nesses casos os relatórios foram emitidos em volume, e foi utilizado a massa específica do entulho de 1,36 t/m³ (SANTOS, 2015) para calcular os resíduos em massa.

As empresas responsáveis pela destinação final e transporte dos resíduos, possuíam uma licença de operação emitida pela Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos (CPRH), atualmente titulada de Agência Estadual de Meio Ambiente. A CPRH é responsável por controlar as fontes poluidoras e na proteção e conservação dos recursos naturais.

O órgão responsável pela gestão municipal de resíduos sólidos e atua como fiscalizador dos grandes geradores de RCC no município de Recife é a Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB).

Para averiguar as possíveis influências dos perfis assumidos para gerenciamento das construções, foi disposto informações sobre as obras, como padrão construtivo de classe econômicas, regime de execução, prazo de execução e área construída (Tabela 1).

Tabela 1. Perfil das obras analisadas

Obra	Padrão	Regime	Prazo de conclusão (meses)	Área construída (m ²)	Ano de entrega
Obra 1	Médio	Incorporação	40	9.478,17	2017
Obra 2	Hotel/ Flats	Incorporação	32	15.220,00	2012
Obra 3	Alto	Condomínio	51	19.789,60	2018
Obra 4	Alto	Condomínio	46	16.477,00	2018
Obra 5	Alto	Condomínio	46	10.495,25	2017

Fonte: Autores a partir de dados da construtora (2018).

A principal diferença entre os regimes de Incorporação e Condomínio é que o primeiro tem suporte de agências financeiras e o segundo é custeado por um grupo de investidores que contratam a construtora para gerenciar e responder pela realização do projeto.

Outros dados coletados foram os efetivos administrativos das obras. Constatou-se que, independentemente do tipo de regime de execução, o número de funcionários efetivados para fazer parte da equipe administrativa responsável pela obra é sempre o mesmo.

Ao todo, foram coletados dados de geração de RCC de 5 obras com resíduos gerados no período de abril de 2009 a fevereiro de 2018.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, foi realizada a composição dos RCC das obras analisadas de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002 (CONAMA, 2002), com o intuito de comparar os principais resultados encontrados com outras pesquisas acadêmicas (Figura 1).

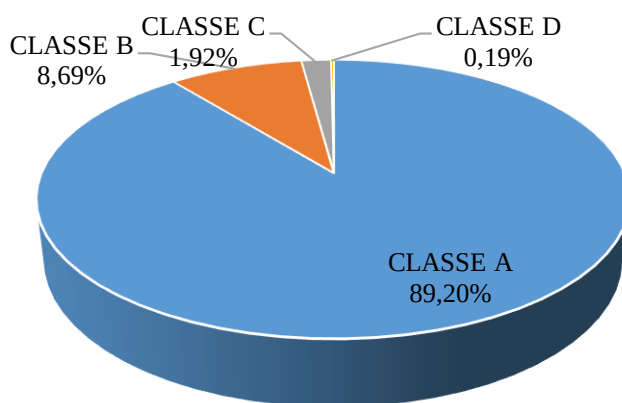
Constatou-se que os resíduos Classe A é o que possui a geração mais expressiva em relação às demais Classes, representando 89,20% do total de RCC gerado. Ressalta-se que os

resíduos da Classe A, são constituídos por materiais inertes como concreto, argamassa e cerâmica, possuem elevado potencial de reaproveitamento na própria indústria da construção. Na pesquisa de Vieira (2018) foram obtidos valores próximos, com 85,67% de percentual de geração.

Os resíduos Classe B representam 8,25% do RCC gerado das obras analisadas. Como parâmetro de comparação, a pesquisa de Vieira (2018) encontrou o percentual de 7,25%. Foram considerados como resíduos Classe B os materiais recicláveis que podem servir para outras atividades não pertencentes ao setor da construção civil, como gesso, plástico, papel, madeira e metal. Na caracterização desses materiais dos resíduos Classe B, o gesso possui maior destaque com 54,74% dos resíduos gerados desta Classe, seguido da madeira com 25,07%, papel/papelão com 6,53%, plástico com 8,68% e metal com 4,99%.

Na Classe C foram considerados os resíduos misturados, podaço de árvores e sacos de papel KRAFT que não são enviados para reciclagem, como embalagem de cimentos, argamassas e gesso, juntos eles correspondem 1,92% do resíduo total gerado. Esta classe é a que possui maior diferença de percentual, quando comparado aos 6,95% encontrados na pesquisa de Vieira (2018). A composição gravimétrica indica que os materiais misturados são predominantes nesta Classe, com 63,42% dos resíduos gerados, seguidos dos resíduos não recicláveis/sacarias, com 34,24% e da podaço, com 2,34%. A Classe D compreende os resíduos perigosos, como Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e produtos químicos, que correspondem a 0,19% dos resíduos gerados. Este valor está muito próximo aos encontrados por Vieira (2018), com 0,13% dos resíduos.

Figura 1. Composição dos RCC de acordo com as classes da Resolução nº 307/2002



Fonte: Autores (2018).

A partir da análise das obras, obteve-se a caracterização da geração de RCC e os índices de geração de RCC de cada obra (Tabela 2).

Após análise dos dados, verificou-se que a geração total de RCC foi de 9.581,96 t. A geração média de RCC foi de 1.916,39 t, com valores entre 1.228,49 t e 2.292,52 t. As obras de padrão Alto são as maiores geradoras de RCC, com valor médio de 1.991,95 t $\pm$ 666,14 t. O maior índice de geração de RCC foi obtido para a obra de porte médio, com valor de 173,57 kg/m². Em relação às caçambas estacionárias coletadas nas obras, as obras de padrão Alto possuem o maior número, com 360 caçambas.

Tabela 2. Características das obras analisadas

Obra analisada	Padrão	Geração RCC (t)	Índice (kg/m ²)	Caçambas coletadas
Obra 1	Médio	1.645,09	173,57	262
Obra 2	Hotel/Flats	1.961,00	128,84	239
Obra 3	Alto	2.292,52	115,84	353
Obra 4	Alto	2.454,85	148,99	534
Obra 5	Alto	1.228,49	117,05	195

Média	-	1.916,39 ± 495,03	136,86 ± 24,46	316 ± 134,52

Fonte: Autores (2018).

Os valores de geração de resíduos foram crescentes de acordo com a área construída média de cada padrão construtivo. As obras de alto padrão possuem a maior média de área construída e, conseqüentemente, foram as obras que mais geraram resíduos. Por outro lado, os indicadores de geração de RCC apresentam a lógica inversa onde as construções com menor área construída possuem o maior índice de geração. Esses valores corroboram os resultados obtidos na pesquisa de Paz et al. (2018) e constatou que, para as obras desse estudo de caso, o parâmetro da área construída proporcionou maior influência na geração de RCC do que o tipo de padrão construtivo utilizado.

Os índices de geração de RCC que são, habitualmente, utilizados como referências na estimativa de produção de RCC, em relação à área total construída das obras. No Recife, a Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB) utiliza os índices de 75 kg/m² para a fase de construção, 800 kg/m² para a fase de demolição e 1.400 kg/m³ para a fase de escavação (EMLURB, 2006).

Para as obras analisadas, obteve-se o índice médio de geração para a fase de construção de 136,86 kg/m² ± 24,46 kg/m², para uma área construída média de 14.292,00 m² ± 4.285,07 m². Para verificar a amplitude dos resultados encontrados, comparou-se com dados encontrados nas publicações de Paz et al. (2018), onde foi obtido o valor de 74 kg/m² para obras dentro da faixa de 8.000 m² a 15.000 m² e Vieira (2018), onde obteve-se o índice médio de 93,49 kg/m², para uma área construída de 14.805,57 m².

Verificou-se que os índices encontrados nas obras analisadas deste artigo estão acima do valor de referência da EMLURB (2006) e dos valores encontrados na literatura para a mesma faixa de área construída. De todo modo, é correto afirmar que utilizar o mesmo índice de geração sugerido pela EMLURB para todos os tipos de edificações seria inadequado, pois a variação do índice é relativamente significativa para influenciar nos cálculos dos projetos de gerenciamento de resíduos.

Com o objetivo de verificar se existe influência do tipo de regime de execução nos indicadores de geração de RCC, foram calculados os valores de geração total e os índices de RCC de acordo com o regime de execução do empreendimento (Tabela 3).

Tabela 3. Geração total e índices de RCC por regime de execução

Regime de execução	Nº de obras analisadas	Geração de RCC (t)	Índice (kg/m²)
Condomínio	3	5.975,86	127,29 ± 18,80
Incorporação	2	3.606,09	151,21 ± 31,62

Fonte: Autores (2018).

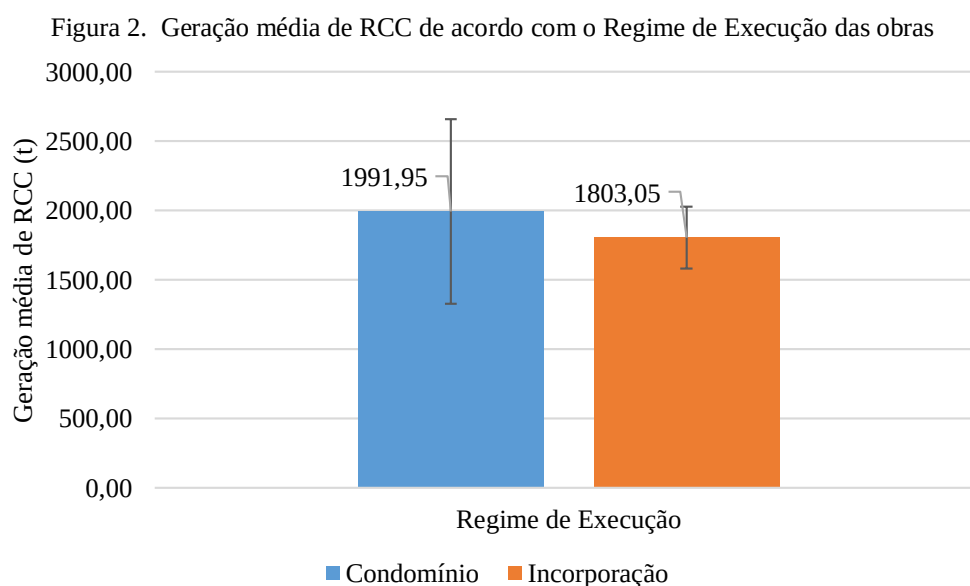
Em relação ao regime de execução as obras, foram dois tipos examinados: incorporação ou condomínio. No regime de incorporação imobiliária as instituições financeiras, visando o maior lucro com as vendas das unidades habitacionais, utilizam prazos curtos para que sejam atendidas as demandas. Neste tipo de sistema, a incorporadora assume todos os riscos do negócio caso não consiga vender todas as unidades e, por isso, é imprescindível que o prazo seja cumprido fielmente. Outra característica desse tipo de investimento é que a construtora só recebe o capital da incorporadora após a execução do serviço e o pagamento é definido após a realização de medições físicas dos serviços executados mensalmente. Nesse cenário, a obra é planejada para possuir o menor prazo de execução possível.

Com regime de condomínio fechado o prazo de entrega do empreendimento é consideravelmente maior, pois o grupo de investidores só recebe o edifício após o pagamento

completo do custo de construção. Nesse caso, a construtora fica responsável por gerenciar todo o projeto, sendo a responsável técnica do empreendimento. Outra particularidade deste tipo de regime, é que o prazo de entrega pode ser prorrogado caso exista inadimplência por parte dos condôminos ou mudanças de escopo solicitado pelos investidores. Logo, desde a fase de planejamento, o prazo estabelecido para este tipo de empreendimento é superior ao de regime de incorporação, possibilitando a maior facilidade em gerenciar e controlar as atividades por parte da administração da obra de forma a possibilitar a redução da quantidade de atividades simultâneas.

Devido as particularidades das obras, existe um desvio padrão em torno das médias encontradas. Esse desvio existe por diversos fatores que são inerentes às especificidades de cada empreendimento, como, técnicas de construções utilizadas, eficiência das equipes administrativas, qualidade e treinamento da mão de obra disponível, programas de qualidade e redução de perdas utilizados, processos de reciclagem e reutilização adotados no canteiro de obras, disponibilidade de materiais na região, desenvolvimento econômico do local, projetos bem compatibilizados, fisionomia da edificação, eficiência dos fornecedores, situação econômica da empresa ou de setor da construção, entre outros.

A partir da análise dos dados, verifica-se que a produção total de RCC foi maior nas obras executadas por meio de Condomínio (influência da quantidade de obras) com valor de 5.975,86 t de resíduos. Já em relação aos valores médios, tem-se que a produção de resíduos foi, praticamente, igual nos dois tipos de regimes de execução de Condomínio e Incorporação, com 1.991,95 t e 1.803,05 t, respectivamente (Figura 2).



Fonte: Autores (2018).

Embora a geração média de RCC das construções executadas no regime de condomínio serem maiores, os índices médios dessas obras foram inferiores em comparação às obras financiadas por uma incorporadora. Percebe-se que as áreas médias construídas nos empreendimentos de condomínio fechado são maiores 26,22% em relação às do regime de incorporação, e isso acaba exercendo uma influência no índice final, contudo, os valores médios de geração dessas obras foram maiores apenas 10,47%.

Em relação ao índice de geração de resíduos, as obras executadas por Incorporação possuem o maior valor médio, com 151,21 kg/m², cerca de 18,78% maior do que os empreendimentos de condomínio fechado. Embora haja um desvio em torno das médias encontradas, pode-se afirmar que, para as obras do estudo desse estudo caso, o regime de execução da construtora para a execução das obras influenciou na geração de RCC durante a construção dos edifícios.

Um dos principais motivos para a influência do regime de execução é a redução no prazo de execução que é exigida nos contratos financiados por incorporadora. O prazo médio de execução das obras analisadas nesta pesquisa é de 36 meses para obra de incorporação e 47,67 meses para os empreendimentos de condomínio fechado.

A diferença de prazos interfere, diretamente, na capacidade de gestão da construção dos edifícios, pois, independente do regime de execução, o efetivo das equipes administrativas é o mesmo para todos os cenários, tornando difícil gerenciar um número maior de atividades que ocorrem simultaneamente. Nessa situação, há um aumento na relação de funcionários da equipe produtiva por funcionários da equipe de inspeção, gerando uma perda na eficiência das atividades e, conseqüentemente, no menor controle dos resíduos gerados nas obras.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos através da análise das cinco obras indicam que 97,89% dos resíduos gerados podem ser reciclados, sendo 89,20% podendo ser utilizado na própria indústria da construção (Classe A) e 8,69% com potencial de utilização em outras atividades (Classe B). Apenas 2,11% dos resíduos não podem ser reutilizados, sendo 1,92% por não haver tecnologia que torne viável a reciclagem (Classe C) e 0,19% por serem resíduos químicos e perigosos (Classe D).

Verificou-se que a geração de resíduos está diretamente ligada com a área construída do empreendimento e ocasiona maior influência no índice de RCC do que o padrão construtivo executado. Também foi verificado o valor índice médio de geração encontrado, nesse estudo de caso foi de 136,86 kg/m², valor consideravelmente maior do que o índice padrão de 75 kg/m² sugerido pela EMLURB.

Constatou-se também que os indicadores reais encontrados variaram de 115,84 kg/m² a 173,57 kg/m², inviabilizando a utilização de um indicador único para diversos tipos de obras. Fatores e particularidades das obras, como área construída e regime de contratação, influenciam no indicador encontrado.

Por fim, esse estudo aponta que o regime de execução dos edifícios, por condomínio ou incorporação, interfere nos índices de geração de RCC. Verificou-se que o índice de geração de resíduos (kg/m²) para obras incorporadas é 18,78% maior que nas obras de condomínio fechado. Fatores como prazo de execução e método de pagamento de cada um dos regimes analisados impactaram na geração total de resíduos.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015**, 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>> Acesso em: 14 de abr. 2018.

ABRELPE - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016**, 2016. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>> Acesso em: 29 de abr. 2018.

BEZERRA, R.P.L.; SILVA, R.C.P.; ACIOLI, N.T.B.; DOS ANJOS, R.C. Avaliação do desperdício de materiais em obras de edificações. In: ENCONTRO PERNAMBUCANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 5, Recife, PE, 2016. **Anais...** Recife, 2016.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em:

<<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2010/lei12305-2-agosto-2010-607598-publicacaooriginal128609-pl.html>>. Acesso em: 15 de abr. de 2018.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2002.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 448, de 18 de janeiro de 2012**. Alteração da Resolução número 307/02 (Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res12/Res_01448.pdf>. Acesso em: 15 de abr. 2018.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**[online], v. 61, n. 358, p. 178-189, 2015.

CAMPOS, F. H. A. **Análise do Ciclo de Vida na Construção Civil**: Um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto. Dissertação (Pós-Graduação). Escola de Engenharia da UFMG. 2012.

DIAS, M.F. **Modelo para estimar a geração de resíduos na produção de obras residenciais verticais**. 2013. 117 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2013.

EMLURB – Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana. **Diretrizes para elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)**. Recife, 2006. Acesso em: <<http://www2.recife.pe.gov.br/sites/default/files/diretrizes-pgrcc.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

GAYARRE, F. L.; PÉREZ, C. L. C.; LÓPEZ, M. A. S.; CABO, A. D. The effect of curing conditions on the compressive strength of recycled aggregate concrete. **Construction and Building Materials**, v. 53, p. 260-266, 2014.

GONÇALVES, D. B. A gestão de resíduos da construção civil no município de Sorocaba-SP. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 2, p. 15-26, 2016.

GUEDES, F. L.; GUSMÃO, A. C. S.; SILVA, R. S. O.; VASCONCELOS, H. M. S. **Gerenciamento de resíduos da construção civil (RCC)**: estudo de caso das ecoestações para pequenos geradores, Recife-PE. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 267-275. E-Book. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook_gestao%20publica%20e%20privada.pdf?dl=0>. Acesso em: 25 de abr. 2018.

KERN, A. P.; DIAS, M.F.; KULAKOWSKI, M.P.; GOMES, L.P. Waste generated in high-rise buildings construction: a quantification model based on statistical multiple regression. **Waste Management**, v.39, p. 35-44, 2015.

KOHLMAN RABBANI, E. R.; JALALI, S.; AREZES, P. M.; BARKOKÉBAS JUNIOR, B.; RABBANI, S. R. **Segurança do trabalho no contexto da construção sustentável**: uma visão geral. 1ª. ed. Recife: EDUPE, 2013. v. 1. 124p.

LIMA, A. K. T. **Principais pontos da política nacional de resíduos sólidos para a gestão de resíduos municipais**. In: EL-DEIR, S.G. (Org.). Resíduos sólidos: perspectivas e desafios para a gestão integrada. 1. ed. Recife: EDUFRPE, p. 20-29, 2014.

MARINHO, J. L. A.; SILVA, J. D. Gerenciamento dos resíduos da construção e demolição: diretrizes para o crescimento sustentável da construção civil na região metropolitana do cariri cearense. **E-Tech: Tecnologias para competitividade industrial**. Florianópolis, v. 5, n. 1, p. 102-119, 2012.

MAURY, M. B.; BLUMENSCHIEIN, R. N. Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente. **Sustentabilidade em Debate**, v. 3, p. 75-96, 2012.

MEDINA, C.; ZHU, W.; HOWIND, T.; FRÍAS, M.; ROJAS, M. I. S. Effect of the constituents (asphalt, clay materials, floating particles and fines) of construction and demolition waste on the properties of recycled concretes. **Construction and Building Materials**, v. 79, p. 22-33, 2015.

- MESQUITA, A. S. G. Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí. **Revista Holos**, v.2, p. 58-65, 2012.
- OLIVEIRA, F. M. D. R.; BUFFON, N. M.; FREITAS, S. S. The effectiveness of C&D Waste Management considering the stationary buckets contents. **Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, v. 19, p. 3047-3060, 2014.
- PAZ, D. H. F; VIEIRA, C. R; LAFAYETTE, K. P. V; SOBRAL, M. C. **Diagnóstico da geração de resíduos da construção civil de obras da cidade do Recife – PE**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2018. P. 77 – 88. E-Book. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/hyonelf145oc6zk/ebook_impacto_%20socioamb-min.pdf?dl=0>. Acesso em: 24 de abr. 2018.
- PEPE, M.; FILHO, R. D. T.; KOENDERS, E. A. B.; MARTINELLI, E. Alternative processing procedures of recycled aggregates in structural concrete. **Construction and Building Materials**, v. 69, p. 124-132, 2014.
- PINTO, T. P. **Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: a experiência do SindusCon (SP)**. São Paulo: Sinduscon, 2005.
- SANTOS, D. S. **Diagnóstico da gestão dos resíduos de construção e demolição e seus impactos ambientais no município de Jaboatão dos Guararapes-PE**. 2015. 164 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco. Recife, 2015.
- SENA, R. S.; CARVALHO, E. B.; SOUSA, N. D. C.; SANTOS, L. B.; MELO, L. F. S.; VERANO, B. Gestão dos resíduos sólidos da construção civil e demolição no distrito federal. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIEÊNCIAS BIOLÓGICAS, 2013, Recife. **Anais...** Recife: UNICAP, 2013.
- SILVA, G. A.; NANNI, G.; CARNIATTO, I.; HENNRICH, E. J.; LIMA, J. R. Reduzindo Perdas Oriundas do Armazenamento e no Manuseio de Materiais na Construção Civil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 6, p. 1, 2015.
- SILVA, G. D.; BICALHO, S. F.; OLIVEIRA, M. S. C. **Reaproveitamento de resíduos da construção civil em um empreendimento na região sudoeste da Bahia**. In: Rodrigo Cândido Passos da Silva, João Paulo de Oliveira Santos, Daniel Pernambucano de Mello, Soraya Giovanetti El-Deir. (Org.). **Resíduos Sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular**. 1ª ed. RECIFE: EDUFRPE, 2018, v. 1, p. 440-453.
- SILVA, W. C.; SANTOS, G. O.; ARAUJO, W. E. L. Resíduos sólidos da construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, p. 286-301, 2017.
- SINDUSCON/CE – Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Ceará. **Manual sobre os resíduos sólidos da construção civil**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibere.org.br/anexos/325/2664/manual-de-gestao-de-residuos-solidos---ce-pdf>> Acesso em: 14 de abr. 2018.
- SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Relatório Anual 2013**. 2013. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/pdf/RelatorioAnual2013final.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2018.
- SOUZA, A. R.; SILVA, R. S. R. **Estratégias de reaproveitamento e gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil em um empreendimento imobiliário no município de Vitória da conquista – BA**. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Tecnologia e Ciências. Vitória da Conquista, 2016.
- TORRES, L. **Perspectivas para 2017**, 2017. Disponível em <<http://abrecon.org.br/perspectivas-para-2017/>>. Acesso em: 19 de abr. 2018.
- VIEIRA, C. R. **Análise da geração dos resíduos da construção civil, consumos de água e energia nos canteiros de obra da cidade do Recife**. 2018. 164 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco. Recife, 2018.

WU, Z.; YU, A.T.W.; SHEN, L.; LIU, G. Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. **Waste Management**, v.34, p. 1683-1692.,2014.

4.5. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO TJPE

MESQUITA, Renata Mattos

Instituto de Tecnologia de Pernambuco

renatammt3@hotmail.com

CORDEIRO, Luiz Filipe Alves

Universidade Federal de Pernambuco

filipecordeiro@gmail.com

SOUZA, Vilma Alves

IFPE

vsouzabr@gmail.com

RESUMO

A humanidade necessita encontrar caminhos para mudar a sua forma de administrar os recursos naturais disponíveis no planeta, com o intuito de evitar impactos ambientais e sociais negativos. Tais medidas são urgentes e os órgãos e instituições públicas também desempenham papel fundamental nesse processo. Essa responsabilidade está presente em nossa Constituição Federal, que dispõe que as instituições de caráter público devem atender às necessidades do cidadão, devendo ficar atentas à relevância do tema socioambiental. Desta forma esse trabalho demonstra a importância de um bom gerenciamento de resíduos da Construção Civil pelo TJPE, em consonância com o Plano de Logística Sustentável e as recomendações do Conselho Nacional de Justiça.

PALAVRAS-CHAVE: Meio Ambiente; Poder Público; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

É sabido que o crescimento da sociedade ocorreu de forma desordenada, sem planejamento, à custa de níveis crescentes de poluição e degradação ambiental. A população processa, por meio de sua tecnologia, os recursos naturais finitos, gerando algum tipo de poluição (RIBEIRO; DIAS, 2013). Em tempo difíceis em que estamos vivenciando, onde a escassez de materiais está cada vez mais gritante e os efeitos climáticos são cada vez mais marcantes, tais como: o aumento da temperatura, as emissões de dióxido de carbono aumentando em larga escala, o derretimento das geleiras, é de suma importância o poder público, como condutor das políticas públicas, está inserido na busca de minimizar esses impactos. Sabe-se que os resíduos sólidos da construção civil (RCC), têm se tornado um problema para a sociedade e causado diversos impactos. Sendo assim, esse trabalho pretende se inserir, mais especificamente no que diz respeito à destinação dos resíduos sólidos provenientes da construção civil/demolição do Tribunal de Justiça de Pernambuco.

Ressalta-se que em relação a procedimento e técnica a serem adotadas em uma gestão de resíduos na construção civil, pode-se destacar a racionalização dos processos de produção, a prática da coleta seletiva e a reciclagem do RCC, uma vez o atendimento a legislações federais: Conama 307 (CONAMA, 2002); e mais recentemente a Lei 12.305/10 (BRASIL, 2010a) e sua regulamentação Decreto 7.404/10 (BRASIL, 2010b) deve-se priorizar a não geração dos resíduos, sua possível reutilização, reciclagem e, somente nos casos em que nenhum dos procedimentos anteriores possam ser adotados, a destinação final em aterros para inertes.

Por fim, é importante salientar a importância da Lei 12.305/10 referente à Política Nacional de Resíduos Sólidos, que estabelece bases concretas para planejamento e programação de uma gestão apropriada para os resíduos, destacando-se diretrizes como redução de desperdícios e quantidade de volumes de resíduos gerados, separação correta dos resíduos em classes e tipos, reutilização de materiais e reciclagem dos resíduos, e seu retorno à origem do ciclo como matéria-prima.. Reforça-se também a responsabilidade do gerador pelo gerenciamento de resíduos e classifica como resíduos da construção civil em seu Art. 13 “os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis”.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste modelo, considera-se fundamentação teórica como o referencial, além de livros, dissertações, teses e demais publicações científicas, que reflitam o estado da arte e inovações setoriais. Colocar os autores e a discussão a respeito do tema central do artigo com referências, como solicitado pela ABNT.

O Tribunal de Justiça de Pernambuco, como órgão público, reconhecendo-se como grande consumidor dos bens finitos do meio ambiente, vem adotando políticas para mitigar esses impactos negativos provenientes de suas atividades. Destaque-se a Recomendação nº11 de 22 de maio de 2007, do Conselho Nacional de Justiça (CNJ), editada no sentido de estimular nos Tribunais a adoção de políticas públicas para favorecer um ambiente ecologicamente equilibrado, além de conscientizar os próprios servidores e jurisdicionados sobre a necessidade de sua efetiva proteção.

Nesse contexto, pode-se afirmar que a sustentabilidade no ramo da indústria da construção civil deve ter o propósito de minimizar os recursos utilizar. Ou seja, utilizar-se de práticas de planejamento e execução da construção com o objetivo de obter uma edificação que elimine e/ou minimize os impactos negativos causados ao meio ambiente, visando melhorar a qualidade de vida. Sendo assim, a construção civil sustentável pode ser definida como

Aquela que pode manter moderadamente ou melhorar a qualidade de vida e harmonizar-se com o clima, a tradição, a cultura e o ambiente na região, ao mesmo

tempo em que conserva a energia e os recursos, recicla materiais e reduz as substâncias perigosas dentro da capacidade dos ecossistemas locais e globais, ao longo do ciclo de vida do edifício (BERNARDO, 2014, p. 02).

Acrescenta-se ainda a importância de uma boa gestão ambiental e gerenciamento desses resíduos da construção civil

A Gestão Ambiental é a consequência natural da evolução do pensamento da humanidade em relação à utilização dos recursos naturais, onde se deve retirar apenas o que pode ser exposto ou, caso isto seja impossível, deve-se, no mínimo, recuperar a degradação ambiental causada. Ela pode ser definida como um conjunto de políticas, programas e práticas administrativas e operacionais que leva em conta a saúde e a segurança das pessoas e a proteção do meio ambiente, através da eliminação ou minimização de impactos e danos ambientais decorrentes do planejamento, implantação, operação, ampliação, realocação ou desativação de empreendimentos ou atividades (MOREIRA et al., 2009, p.3).

Por fim, constata-se que a boa gestão ambiental é de suma importância para a competitividade e para as certificações

Diante de um mercado cada vez mais competitivo e da escassez dos recursos naturais, a busca por inovações tecnológicas e gerenciais ligadas a esse novo contexto se torna imprescindível para a sobrevivência da empresa. A adoção de medidas sustentáveis nas construções aos poucos está deixando de ser apenas mais um diferencial para se tornar um requisito necessário à medida que o nível de consciência ambiental vai crescendo. Além disso, as empresas que optam pela obtenção de certificações de sustentabilidade, ou seja, as socialmente responsáveis e sustentáveis, são cada vez mais buscadas pelos investidores para aplicação de seus recursos, visto que as mesmas são consideradas mais preparadas para enfrentar riscos sociais, ambientais e econômicos, uma vez que os ganhos desse tipo de empreendimento vai da boa imagem adquirida, passando pela economia de produtos e serviços até o bem estar dos usuários e vizinhança. (SOUZA, 2017).

METODOLOGIA

A metodologia do processo de investigação e desenvolvimento desse trabalho, de caráter descritivo e qualitativo, baseia-se essencialmente na pesquisa bibliográfica, por meio do exame de literatura e produção científica e em resultados práticos de obras de construções realizadas no Tribunal de Justiça de Pernambuco nos últimos 5 anos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

É importante frisar que o foco deste trabalho é a análise dos RCC das construções do Tribunal de Justiça de Pernambuco no último biênio. É sabido que a geração de RCC varia de forma significativa de acordo com uma série de características de cada obra. Acrescenta-se ainda que as próprias obras do Tribunal de Justiça de Pernambuco, estudo de caso prático deste trabalho mudou consideravelmente o porte e padrão de obra nos últimos dez anos.

Considerada a maior fonte geradora de resíduos de todos os setores produtivos, a construção civil causa grandes impactos ambientais como o consumo de recursos naturais, a modificação da paisagem e a geração de resíduos. Nesse sentido, o canteiro de obras deve ser considerado como uma parcela importante nos impactos ambientais trazidos por uma obra visto que o mesmo chega a ter alguns anos de duração. De acordo com a Lei Nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), as empresas de construção civil estão sujeitas à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos, de forma a minimizar, reutilizar e reciclar tais resíduos, realizando medidas saneadoras dos impactos ambientais resultantes de suas interferências no meio ambiente (SOUZA, 2017, p.3).

Ressalta-se que outras alterações advindas da Resolução CONAMA nº 448/2012 garantem a hierarquização no gerenciamento dos resíduos de construção civil na geração, redução. De forma geral, estas medidas tentam aproximar a construção civil do conceito de desenvolvimento sustentável (CARLOS et al., 2014).

É importante frisar também que os procedimentos estabelecidos pelas legislações para a gestão dos RCC destacam as obras de grande porte (MARQUES et al., 2013). Sendo assim, deve-se fazer um planejamento das ações que serão efetivadas e decidir o local serão implantadas, a fim de direcionar os esforços para o atendimento das metas. A área de vivência e o local para o acondicionamento dos resíduos deverão ficar em local de fácil acesso.

Além disso, deve-se desenvolver um programa de educação ambiental, conforme o que vem sendo recomendado pelo Conselho Nacional de Justiça com a implantação de núcleos de responsabilidade socioambiental composto por equipe técnica. Dessa forma, percebe-se que o TJPE precisa urgentemente desenvolver um programa de educação ambiental através da mobilização dos funcionários e corpo administrativo da obra que de ser feito por meio de palestras e treinamentos por equipe técnica de engenheiros, conforme resolução do CNJ.

Neste momento, é de suma importância detalhar a viabilidade do uso dos componentes do entulho. Os resíduos de Classe “A” deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura. No caso dos resíduos de Classe “B”, os mesmos deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura. Os resíduos de Classe “C” deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas e os resíduos Classe “D” deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

O PGRCC deverá conter um plano de redução de resíduos, de reutilização e de reciclagem, desenvolvido anteriormente à implantação do empreendimento. Outro fator importante a ser considerado é a grande disparidade existente por cada etapa/fase da obra, como por exemplo, os RCC da fundação, estrutura, acabamento, etc. O primeiro item será um diagnóstico das perdas no canteiro (SOUZA, 2017), permitindo que a construtora estabeleça

indicadores que possam auxiliar nas decisões em relação às tecnologias utilizadas em determinados serviços.

A geração de resíduos sólidos na construção civil sempre foi encarada como um grande problema e a sua gestão como um grande desafio. Os rejeitos de construção e demolição representam um grande volume de material desperdiçado no canteiro de obras e a necessidade de reciclagem ou reuso desses materiais descartados, é de grande utilidade para uma nova inserção dos mesmos na construção, contribuindo desta forma para o desenvolvimento auto-sustentável e para a redução dos impactos ambientais associados à implantação de um empreendimento (SOUZA, 2017).

O PGRCC deverá contemplar todas as fases da obra e todos os participantes do processo devem estar conscientes de sua responsabilidade na redução de geração dos resíduos. A responsabilidade dos grandes geradores de resíduos deve iniciar com a submissão do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil - PGRCC na solicitação de alvará de construção.

É importante frisar que só no último biênio, nas obras de construção de Tribunal de Justiça de Pernambuco, foram construídas mais de 50.000 m² o que resultada em um elevado volume de Resíduo. A taxa de geração de Resíduos da Construção Civil do Tribunal de Justiça de Pernambuco é estimada em média de 86kg/m². Portanto a quantidade de RCC gerada na construção foi em média de 10.000 toneladas. Salienta-se que o Tribunal de Justiça de Pernambuco contrata através de processo licitatório e atua em todas as cidades do estado de Pernambuco. Ou seja, no último biênio várias comarcas diferentes ganharam novos prédios, desde o sertão a capital pernambucana.

Por outro lado, a construtora vencedora do certamente é diferente para cada uma das comarcas e atuam de forma bem diferenciada, apesar de ser regida pelo mesmo edital e ser fiscalizada pela mesma Diretoria de Engenharia. Em consequência disto, constata-se que uma parcela pequena dessas áreas construídas foram destinadas ao locais corretos para posterior reaproveitamento. Ressalta-se que não se pode deixar de parabenizar e reconhecer o bom exemplo da obra do novo prédio da Escola Judicial situado na Capital Pernambucana, no Complexo Joana Bezerra, que realizou um bom Plano de Gerenciamento de Resíduos e executou o descarte correto para reuso, contribuindo assim diretamente com o Plano de Logística Sustentável do Tribunal de Justiça de Pernambuco e diretamente com as futuras gerações, mitigando os danos ao meio ambiente.

Por outro lado, faz necessário uma profunda reflexão e uma urgente tomada de decisão, para que em todas as obras ocorra o gerenciamento dos RCC e a destinação correta dos RCC, com o objetivo de minimizar os impactos causados.

A instituição, ao definir suas políticas de gerenciamento, precisa analisar não apenas as variáveis internas que determinam a geração dos RSSS, mas o conjunto de relações das variáveis externas que acaba por interferir nos resultados que podem ser obtidos. Isto aliado a programas educativos, capacitações constantes, pesquisas e análise de indicadores, que envolvam a instituição como um todo, constitui fatores fundamentais para a efetivação de programas de gerenciamento (CLOCK; OLIVEIRA, 2017)

Por fim, em tempos atuais, é importante a sociedade em geral, como também o poder público, precisa está atendo as questões de certificação, tais como, a LEED, AQUA, etc. Nesse contexto, Duarte (2016) alerta para o fato de que para se obter a certificação AQUA é necessário atender aos critérios de desempenho: a eco construção, a gestão e a criação de condições de conforto e saúde para o usuário.

CONCLUSÕES

O cenário atual das obras do Tribunal de Justiça de Pernambuco demonstra um elevado aumento nos últimos anos do porte das obras e quantidade de área construída, sendo assim, o aumento de RCC pelo Tribunal é visível. Dessa forma,, evidencia-se a importância da adoção de estratégias de gerenciamento, a partir do disciplinamento de todos os envolvidos na gestão dos RCC, tomando como base as legislações ambientais vigentes, especialmente as recomendações recentes do Conselho Nacional de Justiça e propiciando a conscientização ambiental. Foi observado que maior porcentagem de RCC é oriunda de novas construções, seguido de reforma e demolição.

Na maioria das obras do último biênio, o resíduo não foi reutilizado nem reciclado, apenas descartado. A destinação final, mesmo que adequada dos RCC, necessita de grandes áreas, pois a geração desses resíduos se dá em larga escala. Sendo assim, é de grande importância que nas obras, ocorra a triagem dos resíduos, bem como a reciclagem ou reaproveitamento, diminuindo assim, os resíduos que serão encaminhados para as áreas de disposição final. Além disso, é de grande valia que as construtoras depositem os resíduos nos locais de disposição legais.

Por fim, ressalta-se que ainda há descumprimento, por parte das construtoras contratadas por processo licitatório à Resolução nº 307/02 do CONAMA em relação à disposição dos resíduos e a destinação final. Portanto, a busca pela minimização dos problemas ambientais do setor de construção civil deve fazer parte da rotina das empresas, e do gerenciamento das obras pela fiscalização do TJPE dos RCC deve se constituir em rotina. Isso deve ocorrer, não apenas com o intuito de proporcionar uma melhor qualidade de vida atual, mas também, proporcionar às futuras gerações, a equidade no acesso do meio ambiente socialmente justo.

REFERÊNCIAS

BARROS, E. F.; QUEIROZ, A. R.; PAZ, D. H.F.; **Avaliação da Gestão dos Resíduos da Construção no Recife, Panorama da Origem ao Destino**, EPERSOL, Recife, 2017.

BRASIL. Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos. **Decretonº 7404, de 23 de janeiro de 2010**. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 12305, de 2 de agosto de 2010. **Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências

CARLOS, A.; TEOTONIO, E.; SILVA, J. A. N.; GUSMÃO, M. **Gerenciamento de Resíduos e Educação Ambiental da Construção Civil: Obra Jardim América**. João Pessoa, PB: 2014.
CLOCK, Dayane.; OLIVEIRA, Therezinha Maria Novais.; “ Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde na Ótica da Segurança Ambiental”, EPERSOL, Recife, 2017.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução no 307, de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 448, de 18 de janeiro de 2012**. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 469, de 29 de julho de 2015**. Altera a Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

DUARTE, N.; KOHL, C. A.; SILVA, C. **Comparativo dos requisitos LEED e AQUA para certificação ambiental de edificações**. 2016.

MARQUES, O. B.; OLIVEIRA, R. M. S.; PICANÇO, A. P. Resíduos de Construção Civil: Geração e Alternativas para Reciclagem em um Canteiro de Obras de Pequeno Porte. **Engenharia Ambiental**. Espírito Santo do Pinhal. v. 10, n. 2, p. 143-156, 2013.

MOREIRA, M.; SOARES, C.; HOZUMI, C. Práticas de Gestão Ambiental para a Sustentabilidade das Empresas da Construção Civil. V Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2009.

OLIVEIRA, G. B.; REIS, L. M. M. “Gestão de Resíduos Sólidos da Construção Civil: algumas propostas em uma empresa de Natal-RN”, EPERSOL, Recife, 2017.

PAZ, D. H. F.; VIEIRA, C. R.; LAFAYETTE, K. P. V. Diagnóstico da Geração de Resíduos da Construção Civil de Obras da Cidade do Recife-PE, EPERSOL, Recife, 2017.

RIBEIRO, F. A. B. S.; DIAS, J. F. Deposição irregular dos resíduos de construção civil em uberlândia/MG. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 1, n. 5, 2013.

SOUZA, V. A.; Canteiro de Obras Sustentável: O Reaproveitamento da Garrafa Pet como Insumo na Construção, EPERSOL, Recife, 2017.

4.6. BLOCOS DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE COMPÓSITO COM CONCRETO SIMPLES E PÓ DE MDF

SANTOS NETA, Aldenora Vieira
Universidade Ceuma
aldenora1010@hotmail.com

SANTOS, Ananda Costa
Universidade Ceuma
anandasantosc@hotmail.com

FARIAS, Marylin Fonseca Leal de
Universidade Ceuma
marylin.farias@gmail.com

BEZERRA, Helton de Jesus Costa Leite
Universidade Ceuma
helton.costa@ceuma.br

RESUMO

O reaproveitamento do resíduo pó de MDF oriundo do corte de placas advindas de movelarias da cidade de São Luís, Maranhão, busca desenvolver um compósito a base de concreto simples com substituição parcial do agregado miúdo pelo pó de MDF, o compósito é uma nova tecnologia que busca aplicação na área da construção civil, favorável aos setores econômicos, ambientais e sociais. O estudo se constitui de conceitos teóricos, ensaios práticos e análise da qualidade dos dados de resistência e densidade fazendo uso do software OriginPro9 por intermédio de conceitos relacionados a análise de variância - ANOVA. A caracterização do material se deu pelos ensaios de granulometria, absorção, slump test, moldagem, cura e compressão de corpos de provas seguindo as normas técnicas da ABNT para obtenção do controle tecnológico dos materiais. Para quantificar o pó de MDF que é gerado, foi realizado um levantamento quantitativo do número de placas comercializadas em São Luís/MA em 2015 e 2016. Durante a confecção dos compósitos utilizou-se aditivos plastificante e superplastificante para otimizar as propriedades de consistência, homogeneidade e trabalhabilidade. A presente pesquisa obteve resultados de resistência à compressão que atendem o uso do compósito para a produção de blocos de alvenaria de vedação.

PALAVRAS-CHAVE: Construção Civil; Sustentabilidade; Resíduos.

INTRODUÇÃO

O foco da engenharia atual é aliar construção civil e sustentabilidade, buscando materiais alternativos que atendam a necessidade da engenharia, com o reaproveitamento de resíduos e consequentemente diminuindo os impactos ambientais. O aumento da produção do setor moveleiro e do número de placas de madeira comercializadas é proporcional ao aumento da geração de resíduos desse material, que são descartados inadequadamente e sem tratamento no meio ambiente. Partindo desse pressuposto, a presente pesquisa reaproveita os resíduos de pó de MDF (*medium density fiberboard*) com intuito de propor soluções para um destino final mais favorável ao meio ambiente e desenvolver um compósito a base de concreto simples que utiliza o pó em substituição parcial em relação ao agregado miúdo.

O desafio é fazer o controle tecnológico do compósito sustentável homogeneizando os materiais usados, o concreto e o pó do MDF, para produzir um compósito que atenda as aplicações sociais, econômicas e sustentáveis, como possível resolução para a problemática supracitada foi adicionado aditivo plastificante e superplastificante ao traço com o objetivo de otimizar as propriedades de homogeneidade, consistência e trabalhabilidade, reduzir o fator água/cimento e aumentar a resistência à compressão. A pesquisa se baseia em conceitos teóricos e ensaios já realizados sobre o material, bem como nas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), realizando ensaios de granulometria, absorção, *slump test*, moldagem, cura e compressão, substituindo parcialmente o MDF em relação ao agregado miúdo em 5% e 10%. Estudando também as propriedades e aplicabilidades do concreto e do MDF, tendo como resultado a junção desses dois materiais na produção do compósito.

O estudo realiza ainda um levantamento quantitativo do número de placas de MDF comercializadas na cidade de São Luís - MA. Para desenvolver essa inovação, o compósito produzido busca transformar o resíduo em matéria prima utilizando-o de forma sustentável, confeccionando um produto que seja aplicável para construção civil e ao mesmo tempo contribuindo para a redução do descarte inadequado e sem tratamento no meio ambiente.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A primeira parte do estudo que avalia o compósito a base de concreto simples e pó de MDF correlacionou conceitos teóricos relacionados ao MDF e ao concreto não estrutural, bem como resultados obtidos em ensaios realizados do compósito sem a adição de aditivo plastificante e superplastificante. Nos ensaios utilizou-se um traço padrão de 1:1,57:1,935:0,58 (cimento:areia:brita:fator água/cimento) derivando em outros dois traços com substituição parcial do MDF em relação ao agregado miúdo no percentual de 5% e 10% (SANTOS NETA et al., 2017). Os traços utilizados com todos os percentuais e sem aditivos químicos estão dispostos abaixo (Tabela 1).

Tabela 1. Traços para a confecção do Compósito

Traços	C	A	MDF	B	f(a/c)
Traço 1 - simples	1	1,570	0,000	1,935	0,580
Traço 2 - 5% de MDF	1	1,492	0,079	1,935	0,659
Traço 3 - 10% de MDF	1	1,413	0,157	1,935	0,737

Fonte: Editada de Santos Neta et al., 2017.

Neste estudo foram produzidos nove corpos de prova para cada traço, com dimensões de 10x20 cm, utilizando os agregados caracterizados como areia média, brita 1 e pó de MDF ultrafino. Aos 28 dias de idade os corpos de prova foram rompidos e apresentaram os seguintes resultados obtidos através da resistência média do concreto à compressão:

- Traço de concreto simples - 17,04 MPa;
- Traço com 5% de MDF - 16,24 MPa;
- Traço com 10% de MDF - 8,54 Mpa.

Na conclusão da primeira etapa da pesquisa apesar da resistência diminuída, nos traços 5% e 10% foram obtidos resultados positivos na consistência desse material e bem como o atendimento do mesmo relacionado às propriedades e aspectos de trabalhabilidade e resistência a compressão axial que atendem as necessidades mecânicas para a sua aplicação em concreto não estrutural. (SANTOS NETA et al., 2017). A resistência diminuída é justificada por diversos fatores que podem estar relacionado à redução da quantidade de aglomerante utilizado no metro cúbico, o aumento do percentual de pó de MDF e f (a/c).

Partindo dos resultados obtidos nesta primeira etapa e aprimorando o conhecimento teórico sobre o material, a presente pesquisa buscou fazer utilização do aditivo plastificante e superplastificante, com o objetivo de otimizar todas as propriedades já analisadas no compósito sem aditivos, bem como o controle tecnológico do material. O aumento da velocidade de descarte dos produtos, resultado de uma obsolescência cada vez mais rápida, gera um volume maior de resíduos em um menor período do tempo. Surgindo a necessidade da criação de medidas a serem tomadas para evitar que todos esses resíduos retornem de forma inadequada para o meio ambiente. (PEREIRA, 2013)

Durante o desenvolvimento desta pesquisa foi priorizado a busca em inovações nos processos e produtos a partir de resíduos de pó de MDF na produção de um compósito a base de concreto. Verificando através das avaliações a viabilidade do ponto de vista da sustentabilidade no desenvolvimento de tecnologias e produtos a partir de resíduos industriais de MDF criando novos artefatos com valor acrescentado, constituindo-se num real contributo para o conhecimento.

A NBR 15116 (ABNT, 2004) sobre agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil, classifica a madeira como um material situado na Classe B, resíduo não reciclado ou reutilizado na construção civil. Esta classificação se debate com o real objetivo desta pesquisa, que tenta viabilizar o uso de resíduo de madeira e o concreto simples na formação de um compósito que poderá ter uso relacionado a confecção de blocos de concreto não estrutural a base de pó de MDF.

O uso do resíduo de MDF como agregado para produção de um compósito é um estudo inovador que não apresenta assuntos relacionados, porém há vários estudos em que são feitas substituições de agregados por materiais alternativos para produção de compósitos que aliam concreto e sustentabilidade (FERREIRA et al., 2016; FONSECA et al., 2016; CARDOSO; ALMEIDA; SANTOS, 2016), que utilizam fibras vegetais para a produção de compósitos, buscando a redução dos impactos causados pela destinação inadequada dos resíduos. Considerações sobre o concreto produzido com resíduo do bagaço da cana-de-açúcar de Silva et al., 2016, analisa a resistência mecânica de concretos produzidos com cinzas em substituição parcial do Cimento Portland nos percentuais de 0% e 15% de substituição através do ensaio de resistência à compressão realizado aos 28 dias de cura do concreto. Partindo do ensaio de compressão o estudo obteve tais resultados:

- Sem adição (0%) - 23,60 MPa;
- Com adição (15%) - 22,453 MPa.

A partir dos resultados, conclui-se que não se pode descartar a possibilidade da inserção do resíduo como um insumo do concreto estrutural, pois as suas características apontam para sua utilização no concreto, devendo-se, apenas, estabelecer os teores adequados de substituição com a realização de novos ensaios.

Outro estudo relacionado a utilização de materiais alternativos é o apresentado por Fleming et al. (2015), que faz referência ao uso de adições de fibras de celulose em relação ao cimento nos percentuais de 2,5%; 5,0% e 7,5%, em busca de analisar a influência da adição de fibra de celulose na resistência à compressão do concreto. Utilizaram um traço 1:3,1:3,5:0,65 (cimento:areia:brita:fator água/cimento) e a partir deste traço foram elaborados mais 3 traços com adições de fibras de celulose em relação ao cimento nos percentuais de 2,5%, 5,0% e 7,5%. Aos 28 dias de idade os corpos de prova produzidos apresentaram os seguintes resultados:

- Sem adição de fibra - 16,6 MPa;
- 2,5% de fibra - 9,78 MPa;
- 5% de fibra - 11,09 MPa;
- 7,5% de fibra - 9,30 MPa.

Para a finalidade do artigo de Fleming et al., 2015, os resultados se mostraram ineficientes, pois para a adição das fibras de celulose buscou-se fins estruturais, não atendendo a norma NBR 6118 (ABNT, 2014) que determina a resistência mínima de 20 MPa para concretos estruturais. No entanto para o propósito de concreto para alvenaria não estrutural, os resultados são positivos e atendem os critérios da norma NBR 6136 (ABNT, 2016).

Existem estudos que fazem análises relacionadas aos compósitos de cimento-madeira, Weber et al., 2017 que analisa a influência do traço nas propriedades do compósito cimento-madeira em que busca avaliar diferentes traços do compósito, utilizando resíduos de *Pinus spp.*, por meio de ensaios de laboratório com o uso de cimento Portland CP II Z 32, relação água/cimento igual a 0,4; o aditivo químico escolhido foi o cloreto de cálcio para acelerar a pega. Para a comparação de desempenho, foram delimitadas quatro dosagens, com teores de adição de madeira de 10%, 20%, 25% e 33% em relação à massa de cimento. O ensaio de compressão foi realizado aos 28 dias e apresentou os seguintes resultados:

- 10% de adição - 20,9 MPa;
- 20% de adição - 17,6 MPa;
- 25% de adição - 15,0 MPa;
- 33% de adição - 4,0 MPa.

Os resultados apresentados foram positivos, pois possuem viabilidade do uso de fibra de *Pinus spp.* para reforço em matrizes cimentícias, sendo as condições utilizadas com o teor de 10% e de 20% de madeira as mais indicadas para uso. Este fato é validado pelos resultados das propriedades físicas e mecânicas das duas composições supracitadas.

A Associação Brasileira de Indústria de Painéis de Madeira (ABIPA) que é responsável pelo MDF no Brasil, conceitua o material como painel de média densidade produzidos a partir de fibras de madeira com adição de adesivo sintético, submetidos à ação do calor e pressão. Dados da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ) revelam que o Brasil é destaque mundial na fabricação de painéis de madeira reconstituída a partir de árvores plantadas, ocupando o 8º lugar no ranking mundial dos maiores produtores. A produção em 2016 registrou 7,3 milhões de m³ produzidos.

A produção e utilização do MDF gera também o aumento dos seus resíduos. O setor gerou no ano de 2016, 46,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos, sendo que desse total, 33,0 milhões (70,5%) foram gerados pelas atividades florestais e 13,8 milhões (29,5%) pelas industriais (IBÁ, 2017). A utilização de Painéis de Média Densidade (MDF) para a fabricação de móveis, é o principal segmento consumidor de painéis de madeira no Brasil, está cada vez mais vigente no mercado moveleiro, gerando consequentemente o aumento da produção desses painéis de madeira. A crescente utilização do MDF para o setor moveleiro aumenta também a geração de resíduos, demonstrando o real contributo ao se utilizar o pó de MDF para confecção de um compósito, tornando um meio viável de reduzir o descarte inadequado desse resíduo que é gerado em prol da produção de um produto aplicável no setor da construção civil no campo de concreto não estrutural.

METODOLOGIA

O estudo do pó de MDF como um agregado para confecção de um compósito a base de concreto simples é uma tecnologia que busca obter uma aplicabilidade viável para a construção civil. Para a real percepção da necessidade do reuso do Pó de MDF foi realizado um estudo baseado no levantamento quantitativo e qualitativo nas três principais distribuidoras de placas de

MDF em São Luís - MA, para determinar o número de placas que foram comercializadas nos anos de 2015 e 2016 em toda a capital, na busca de quantificar o Pó de MDF que é gerado na cidade nos cortes das placas realizados para atender o mercado moveleiro.

Após o levantamento, o estudo prosseguiu com ensaios para controle tecnológico do compósito, seguindo as Normas Brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) de granulometria do agregado miúdo, agregado graúdo e o pó de MDF, absorção do pó de MDF, ensaio de consistência de abatimento pelo tronco de cone, moldagem, cura e compressão dos corpos de prova. Os ensaios de caracterização e controle tecnológico do material foram realizados e analisados no Laboratório de Materiais da Universidade Ceuma, campus Renascença - São Luís/MA, os ensaios de moldagem, cura, pesagem e medição no Laboratório de Materiais do Instituto Federal do Maranhão (IFMA) campus Monte Castelo - São Luís/MA por intermédio do Dr. Ernandes Paiva e o ensaio de compressão no Laboratório de Controle Tecnológico do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) campus do Distrito Industrial - São Luís/MA por intermédio do Coordenador Rafael Carlos Walachinski, sendo o auxílio financeiro obtido no edital Universal da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão - FAPEMA.

O traço utilizado para confecção dos corpos de prova seguiu os dados apresentados (Tabela 1), com o diferencial da adição do plastificante e superplastificante, para otimizar as propriedades de consistência, homogeneidade e trabalhabilidade, reduzir o fator água/cimento e aumentar a resistência à compressão. Foram confeccionados cinco corpos de prova para cada traço nas dimensões de 5x10 cm, usando com 0%, 5% e 10% de Pó de MDF em substituição parcial do agregado miúdo, sendo três traços sem aditivos, três traços com aditivos plastificantes e três com aditivos superplastificante, sendo a única alteração relacionada (Tabela 1), a diminuição no $f(a/c)$. Os traços com plastificantes tiveram em sua adição de 4,24g de aditivo o que corresponde a 1% em relação ao cimento e diminuição do fator água cimento de acordo com o disposto a seguir: ´

- Traço de concreto simples - 0,45;
- Traço com 5% de MDF - 0,55;
- Traço com 10% de MDF - 0,65.

Os traços com superplastificantes tiveram em sua adição de 10g em relação ao cimento e diminuição do fator água cimento de acordo com o disposto a seguir:

- Traço de concreto simples - 0,35;
- Traço com 5% de MDF - 0,45;
- Traço com 10% de MDF - 0,60.

A pesquisa contou com o apoio técnico e logístico de empresas parceiras do projeto, entre elas a Ludovicense Móveis e Prime Design. Com colaboração do Projeto FIBO (Desenvolvimento de Tecnologia de Inovação para Reaproveitamento de Resíduos Sólidos Industriais na Ilha de Upaon-Açu, Maranhão, Brasil), do Red Lab e Escritório Escola da Universidade Ceuma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo busca viabilizar o uso do Pó de MDF a base de concreto simples com intuito na geração de um novo compósito que poderá ter seu uso relacionado a confecção de blocos de alvenaria de vedação. A geração do pó de MDF pode ser realizada de diversas formas desde a produção inicial da placa ou até os cortes para a elaboração de móveis projetados. Diante do levantamento foi percebido que se têm matéria prima suficiente para a elaboração da pesquisa e aprimoramento da tecnologia que vem sendo estudada e desenvolvida.

No levantamento realizado nas três distribuidoras de MDF da cidade de São Luís - MA, obteve-se o quantitativo de placas que foram comercializadas durante todo o ano de 2015 e 2016, no total de 255.556 chapas de MDF com várias espessuras. A quantificação do volume de pó de

MDF gerado por cada corte em placas de Pó de MDF foi realizado no Laboratório de Criatividade da Universidade Ceuma, campus Renascença. O estudo, partiu do corte de placas de MDF de diferentes espessuras e quantificação do volume gerado separadamente. Foram cortados 300 cm das placas com espessura de 6 mm, 15 mm e 18 mm, sendo que o pó gerado nos cortes das placas, cada corte no total, foi de 23,2 g, 67,7 g e 91,8 g, respectivamente as espessuras. Tendo a relação de para cada centímetro de placa cortada, têm-se a geração de 0,08 g para as placas de 6mm, de 0,23 g para as placas de 15 mm e de 0,31g para as placas de 18 mm.

Foi percebido, que o aumento na espessura das chapas é diretamente proporcional ao aumento de pó de MDF gerado. Sendo esse pó de MDF descartado in natura ou incinerado em aterros sanitários, demonstrando a real necessidade na transformação desse resíduo em matéria prima na produção de um compósito sustentável. O ensaio de granulometria da areia, comprovou que a mesma se encontra no intervalo que a caracteriza como sendo grossa; a granulometria da brita, comprovou que a mesma se encontra no intervalo que a caracteriza como sendo zero, que é o desejado pela pesquisa e a granulometria do pó de MDF, comprovou novamente que o mesmo é ultrafino. Sendo este o real motivo de aliar o agregado miúdo grosso com brita zero e pó de MDF ultrafino, tentando melhorar a homogeneização do compósito, visando uma melhor trabalhabilidade e consistência do material com o uso cimento portland CP IV 32 RS de marca Bravo.

O ensaio de absorção do pó de MDF consistiu em 60 ml água e 20 ml pó de MDF colocados em uma proveta plástica de 100 ml, após esse procedimento, foi misturado a água com o pó de MDF e feito observações e misturas a cada 24 horas para a análise da saturação do Pó de MDF. Foi percebido que o MDF absorveu 19 ml de água e aumentou 2 ml de volume, correspondendo a 31,67% de água que o MDF absorveu e gerou 10% de inchamento no seu volume. Na proveta de 500 ml foi colocado de 150 ml água e 50 ml pó de MDF, foi percebido que o MDF absorveu 55 ml de água e aumentou 15 ml de volume no MDF, correspondendo a 36,67% de água que o MDF absorveu e gerou 30% de inchamento no seu volume. Esse resultado pode comprometer a produção do compósito a base de pó de MDF e concreto simples, sendo necessário um controle tecnológico do material buscando o equilíbrio entre o $f(a/c)$ e a quantidade de absorção e inchamento que o resíduo do MDF apresenta.

Após a realização da granulometria, foi realizado a determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Slump Test, tendo como objetivo avaliar o comportamento do concreto sem adensamento, na busca de mensurar o assentamento do compósito a base de concreto simples. O ensaio teve duração máxima de 5 minutos para cada traço e foi realizado através das medidas dos assentamentos em laboratório, com auxílio da tabela de assentamento da NBR 8953 (ABNT, 2015) - Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência.

Na primeira e segunda etapa da pesquisa o traço de concreto simples não passou pelo ensaio de abatimento de tronco de cone, pois o mesmo se encontra na denominação de concreto fluído. Na primeira etapa o Traço 2 obteve um assentamento de 60 mm e na segunda etapa 155 mm. O traço 3 na primeira e segunda etapa da pesquisa obteve um assentamento de 15 mm, tendo utilidades na produção de concretos extrusado, vibroprensado ou centrifugado. Após a realização do ensaio de abatimento de tronco de cone, foi realizado a moldagem dos corpos de provas de compósito a base de concreto simples, com quatro dias foram pesados, colocados na cura úmida por 28 dias e rompidos (Figura 1).

Os corpos de provas produzidos com compósito a base de concreto simples foram realizados com os traços 1, 2 e 3, sem aditivo químico e com aditivo plastificante e superplastificante (Figura 1A). O rompimento foi realizado com 28 dias de idade para os traços (Figura 1B), segue os resultados (Figura 1C) da resistência à compressão dos corpos de provas (Tabela 2).

Figura 1. Ensaio dos corpos de prova



1(A) Moldagem

1(B) Compressão

1(C) Corpos de prova rompidos

Fonte: Próprio Autor (2018).

Tabela 2. Resistência à Compressão dos Traços

Aditivo	Traço	Resistência aos 28 dias (MPa)					Análise		
		CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	fm	sd	fc28
Sem Aditivo	T1	15,58	13,98	14,38	14,68	13,98	14,52	0,66	13,43
	T2	14,38	12,29	13,19	10,49	12,59	12,59	1,42	10,24
	T3	9,59	10,29	8,09	8,89	9,59	9,29	0,83	7,92
Plastificante	T1 P	13,63	16,13	12,34	17,78	15,08	14,99	2,12	11,50
	T2 P	12,09	11,94	12,14	12,29	12,14	12,12	0,13	11,90
	T3 P	1,05	1,50	1,10	1,00	1,00	1,13	0,21	0,78
Superplastificante	T1 S	28,37	28,22	25,82	28,82	0,00	27,81	1,34	25,60
	T2 S	17,63	17,43	16,78	16,58	17,18	17,12	0,44	16,40
	T3 S	2,60	2,60	5,14	3,15	2,60	3,22	1,10	1,40

Fonte: Próprio Autor (2018).

Os resultados foram avaliados seguindo duas vertentes, a primeira levou em consideração o cálculo da média, desvio padrão e aplicação da fórmula de resistência média do concreto à compressão, que é prevista aos 28 dias, de acordo com a fórmula (Tabela 2):

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,65 * sd$$

Com os resultados aos 28 dias foi observado que os traços no geral atenderam o propósito da pesquisa, que é ter resistência à compressão maior ou igual a 3,0 MPa, parâmetro este obtido na norma NBR 6136 (ABNT, 2016), tendo como exceção somente os traços T3 P e T3 S, que são justificados pelo aumento do f(a/c) e uso máximo de aditivo aceito pelo fabricante. A segunda vertente foi aplicada no software OriginPro 9, na busca de melhor qualificar os dados obtidos na pesquisa. Foi executado os seguintes procedimentos para a Análise de Variância, ANOVA:

- Distribuição Normal;
- Variância Semelhantes;
- Independência de Resíduos;
- Presença de outlier.

Na distribuição normal, busca-se avaliar se os dados têm ou não um crescimento normal, ou seja, se segue um padrão. Os traços T1, T2, T3, T1 P, T2 P, T1 S e T2 S não tem dados com crescimento normal, mostrando que esses traços atendem a esse quesito, porém o T3 P e T3 S têm o crescimento normal. Na variância semelhante, têm-se o desvio padrão dividido pela média aritmética dos resultados dos corpos de prova, apresentando o tamanho do desvio padrão em relação a média. Para Vieira (2006), como regra geral, experimentos feitos em laboratórios não devem ter CV muito maior do que 10%, partindo desse pressuposto, foi obtido resultados que atendem a este quesito nos traços T1, T2, T3, T2 P, T1 S e T2 S. Os traços T1 P, T3 P e T3 S, demonstrando mais uma vez que os traços T3 com plastificantes e superplastificante não atendem o propósito estatístico e nem os resultados esperados pela pesquisa. O T1 P não atendeu, pelo alto desvio padrão, quando comparado com os outros traços.

A independência dos resíduos é uma estimativa dos erros que ajuda a verificar se a análise supracitada é aceitável. É obtido pela diferença de cada dado pela média aritmética dos traços. Neste quesito, obteve-se uma grande dispersão nos resultados, apresentando a independência dos resíduos adequados ao estudo estatístico. Os traços que não obedeceram a análise dos resíduos se encontram nos traços T1, T3 S e T3 P.

Para Vieira (2006), a presença de pontos errados, outliers, tem seu conceito relacionados a busca de valores que fogem do padrão dos dados dos ensaios e podem futuramente, causar anomalias nos resultados da pesquisa. Os outliers são identificados fazendo uso de intervalos que estão entre a média relacionadas com mais ou menos um desvio padrão, dois desvios padrões e três desvios padrões. Sendo que estes resultados geram intervalos onde os dados, que não se encontram dentro dos mesmos, devem ser retirados.

Pela distribuição normal, existem dois intervalos que foram considerados na análise estatística da presente pesquisa. No primeiro intervalo, os dados que estão a mais ou menos de duas vezes do desvio-padrão correspondem a 95% de todos os dados; os outliers representam, nesta análise, 5%. No segundo intervalo, os dados que estão a mais ou menos de uma vez do desvio-padrão correspondem a 99,99% de todos os dados; os outliers representam, nesta análise, 0,01%. Fazendo a análise dos intervalos todos os dados estão dentro do intervalo aceitável para a análise dos dados, mesmo os traços T3 P e T3 S.

A realização do ANOVA apresentou que todos os traços têm médias significativamente diferentes entre si, mostrando que os dados não são aleatórios e foram realizados em laboratório. Com os resultados obtidos dos rompimentos do compósito a base de concreto simples e do compósito argamassado têm-se o enquadramento dos mesmos na produção de blocos de concreto para alvenaria de vedação, pois segundo a norma NBR 6136 (ABNT, 2016), os blocos da classe C necessita de resistência final maior ou igual a 3,0 MPa para alvenaria de vedação. Em relação as massas iniciais e finais, que foram obtidas antes de colocar o corpo de prova na cura e após à retirada. Foi realizado o tratamento estatístico para quantificar o percentual de água que o corpo de prova absorveu no seu período de imersão de 28 dias na cura submersa. Foi correlacionado a massa aos 28 dias com a massa inicial e foi obtido os seguintes resultados percentuais:

- Traço 1: 0,78%;
- Traço 2: 1,26%;
- Traço 3: 1,40%;
- Traço 1 com Plastificante: 1,38%;
- Traço 2 com Plastificante: 1,75%;
- Traço 3 com Plastificante: 3,00%;
- Traço 1 com superplastificante: 5,93%;

- Traço 2 com superplastificante: 8,11%;
- Traço 3 com superplastificante: 5,34%.

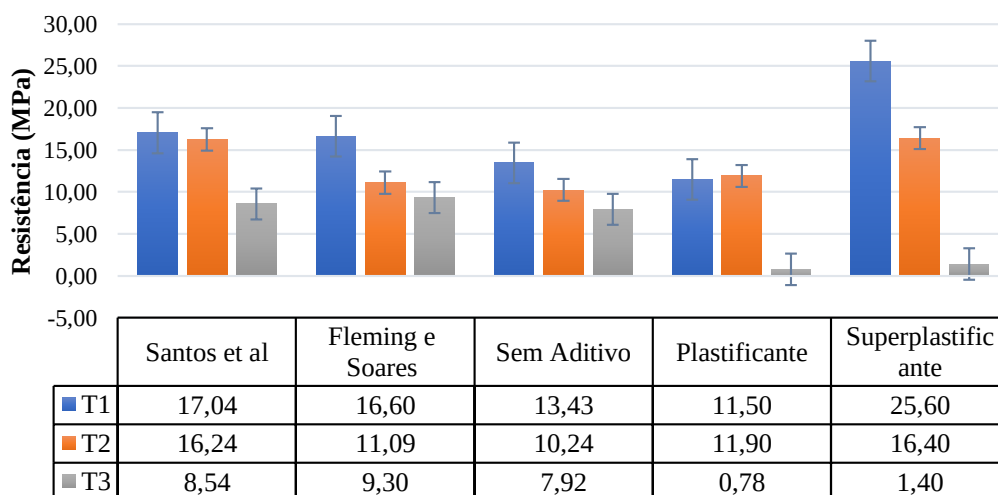
A partir dos resultados obtidos, foi percebido que o aumento da quantidade de água absorvida nos corpos de prova é diretamente proporcional ao aumento da quantidade de Pó de MDF, f(a/c) e adição de aditivos dos traços estudados. Estes resultados apontam uma das justificativas possíveis na diminuição de resistência à compressão dos corpos de prova, pois correlaciona a quantidade de água absorvida com o número de vazios que se têm. Diante do supracitado, observou-se que com os aditivos plastificantes e superplastificante se têm o aumento da capilaridade e diminuição das características físico- mecânica em alguns traços, sendo necessário um melhor controle da quantidade de aditivos e f(a/c) inseridos em cada traço. Sendo este controle fundamental, para controle de patologias, estudos futuros, no material inovador que essa pesquisa vem desenvolvendo.

Na análise das densidades inicial e final no software OriginPro 9, foi realizado todos os procedimentos de qualidade de dados por Análise de Variância, ANOVA. Na densidade inicial e final, os dados atenderam a todos os procedimentos de análise de variância, sendo Coeficiente de Variância, independência de resíduos e distribuição normal. Tendo como densidades médias inicial e final, em cada traço respectivamente os valores a seguir:

- Traço 1: 2,27 e 2,29 g/cm³;
- Traço 2: 2,12 e 2,15 g/cm³;
- Traço 3: 2,10 e 2,13 g/cm³;
- Traço 1 com Plastificante: 2,35 e 2,38 g/cm³;
- Traço 2 com Plastificante: 2,16 e 2,19 g/cm³;
- Traço 3 com Plastificante: 1,93 e 1,99 g/cm³;
- Traço 1 com superplastificante: 2,27 e 2,41 g/cm³;
- Traço 2 com superplastificante: 2,12 e 2,30 g/cm³;
- Traço 3 com superplastificante: 2,10 e 2,22 g/cm³.

Para a finalização dos resultados da presente pesquisa, vale a pena salientar a comparação dos resultados (Figura 2) obtidos por Santos Neta et al. (2017), Fleming et al. (2015) e os obtidos nesta etapa da pesquisa.

Figura 2. Comparação entre as resistências à compressão axial com barras de erro.



Fonte: Próprio Autor (2018).

Com a comparação entre os resultados é possível averiguar, que pesquisas com fibras de madeira, apresentam resistências à compressão axial com intervalos próximos e com aplicações parecidas, sendo a resistência aumentada ou diminuída de acordo com o percentual da fibra

inserida, $f(a/c)$ e o uso ou não de aditivos químicos na busca de melhoria nos resultados de abatimento, homogeneidade, consistência e resistência do material.

CONCLUSÕES

Em face aos dados teóricos e práticos foi percebido que o estudo dos resíduos sólidos dentro da construção civil é vasto e de suma importância para o desenvolvimento ambiental, social e econômico. Foram realizados ensaios para caracterizar e comprovar o controle tecnológico do material sustentável, fazendo o uso dos ensaios de granulometria, absorção, moldagem, pesagem, cura e compressão de corpos de prova de cada traço.

Na análise granulométrica foram obtidos resultados positivos e dentro no intervalo granulométrico requerido pela pesquisa, que trabalha com o intervalo de areia grossa, brita 0 e Pó de MDF ultrafino. No ensaio de absorção com o uso de provetas, obteve-se o intervalo entre 30% e 40% de absorção da água pela fibra de madeira na granulometria ultrafina, sendo este um dos desafios no melhor controle tecnológico do compósito em estudo.

O ensaio de abatimento de tronco de cone quando comparado com os resultados da primeira etapa da pesquisa, apresentou resultados de assentamento maiores para o T2 sem aditivos e melhor homogeneidade no T3 sem aditivo, mesmo que este último resultado não tenha apresentado aumento no assentamento. A análise dos dados de densidade inicial e final e resistência à compressão axial dos materiais e corpos de prova foram realizados fazendo o uso do software OriginPro 9. O uso deste software promoveu uma melhor análise na qualidade de dados usando o método estatístico de análise de variância - ANOVA.

Os traços a base de concreto simples e pó de MDF com 5% e 10% de substituição obtiveram alguns resultados bem próximos, outros com valores mais distintos, porém valores válidos levando em consideração o aumento de MDF e consequentemente do fator água/cimento, reduzindo a resistência.

Foram obtidos resultados positivos no estudo estatístico realizado no OriginPro 9 em todos os traços com os dados de densidade inicial e final. Nos dados de resistência à compressão, foram percebidos o não atendimento da análise de variância dos resultados no T3 P e T3 S. A discrepância nos dois traços que não atendem é justificada pelo $f(a/c)$ e o uso do percentual máximo de aditivo plastificante e superplastificante utilizado no traço, sendo objetivo desta pesquisa a melhor análise desses traços na busca de equilibrar a resistência à compressão do compósito inovador. As propriedades que foram percebidas fazendo uso dessa inovação, vem suprimindo as expectativas do projeto em questão, pois o uso desse resíduo apresenta diversas possibilidades de aplicações para este compósito, sendo o foco principal a aplicação em alvenaria de vedação.

A pesquisa busca resultados futuros na inserção de aditivos químicos do tipo plastificante e superplastificante nos traços com 15% e 20% da areia por pó de MDF, visando ampliar os resultados e melhor gerir os resíduos de MDF que são jogados in natura. Além de realizar ensaios de análise química do compósito, visando caracterizar as propriedades química desse material por intermédio dos ensaios de Difração de Raio X - DRX e o Microscópio Eletrônico de Varredura - MEV.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de provas. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. **NBR 7211**: Agregado para Concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **NBR 7215**: Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR 7223**: Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais: Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 15116**: Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil - Utilização em Pavimentação e Preparo de Concreto Sem Função Estrutural – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 15316-1**: Chapas de fibras de média densidade (painéis de MDF). Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

CARDOSO, G.; ALMEIDA, T. N.; SANTOS, E. J. **Obtenção e caracterização de compósito de matriz cimentícia com Fibra do Mesocarpo de Coco da Baía (Cocos Nucifera L.)**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 22., 2016, Natal, RN. **Anais eletrônicos...** METALLUM, 2016. p. 2729. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

DE MELO, F. M. C. et al. Estudo experimental do desempenho mecânico de concreto com fibras. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 22., 2016, Natal, RN. **Anais eletrônicos...** METALLUM, 2016. p. 3392. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

FERREIRA, C. R. et al. Estudo comparativo das propriedades mecânicas do concreto estrutural padrão e concreto com adição de fibras vegetais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 22., 2016, Natal, RN. **Anais eletrônicos...** METALLUM, 2016. p. 3789. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

FLEMING, R. et al. Caminhos para a sustentabilidade na produção de concretos. In: Educação Ambiental em Ação, 54., 2015. p. 1. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=2244>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

FONSECA, M. H. de F.; DE LUCENA JUNIOR, U. P.; LIMA, R. O. C. Análise das propriedades mecânicas de um compósito natural desenvolvido com fibra da carnaúba. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 22., 2016, Natal, RN. **Anais eletrônicos...** METALLUM, 2016. p. 3230-3240. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**, São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2009.

PEREIRA, R. C. C. **Logística Reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p 76. 2013.

SANTOS NETA, A. V.; SANTOS, A. C.; LIMA NETO, R. M.; BEZERRA, H. J. C. L. Desenvolvimento de um compósito utilizando o pó de MDF como agregado para a produção do Concreto não estrutural. In: 61º CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, v. 61., 2017, GRAMADO-RS. **Anais eletrônicos...** p. 1747-1754. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/61cbc/anais/61CBC.html>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

SILVA, A. F. A.; SILVA, D. G. C.; SANTANA, C. V.; SILVA, J. D. J. C. **Adição de diferentes fibras de resíduos vegetais na resistência à compressão axial do concreto**. In: III Congresso Brasileiro de

Resíduos Sólidos, 2016, Recife. **Anais eletrônicos...** p. 823-832. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

TARTUCE, R., GIOVANETTI, E. **Princípios básicos sobre o concreto de Cimento Portland**. São Paulo: PINI, 1990.

VIEIRA, S. **Análise de Variância (ANOVA)**. São Paulo: Atlas S.A., 2006.

WEBER, A. M. et al. Análise da influência do traço nas propriedades do compósito cimento-madeira. In: Revista principia, 36., 2017. João Pessoa, PB. **Anais eletrônicos...** João Pessoa: INDEX, 2017. p. 50-59. Disponível em: <<http://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/1029/701>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

4.7. INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA PRODUÇÃO DE TIJOLO VAZADO DE SOLO-CIMENTO

SILVA, Daniel Bruno Pinto da

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)
danielbruno.silva@hotmail.com

SANTOS, Priscila Angeles Miranda

UNIVASF
priscila_angeles@hotmail.com

SOUSA, José Getúlio Gomes de

UNIVASF
getulio.univasf@gmail.com

RESUMO

O tijolo de solo-cimento é uma alternativa de baixo custo para a execução da alvenaria em edificações. É basicamente constituído de solo e cimento, mas permite-se incorporar outros materiais. Neste trabalho buscou-se avaliar o comportamento de tijolos vazados de solo-cimento produzidos com a inserção de resíduos de construção e demolição. Foram moldados tijolos de referência composto somente pela mistura de solo e cimento, com 10% de cimento e ainda tijolos onde parte do solo foi substituída por 25,00 % e 50,00 % de resíduos da construção civil (RCD). Os tijolos produzidos foram avaliados quanto à resistência à compressão e à absorção de água, conforme norma regulamentadora. Constatou-se que a incorporação de resíduos propiciou melhorias substanciais na propriedade de resistência à compressão, além do exigido pela norma, com crescimento de até 72,49 %. Em relação à absorção de água, a adição de RCD não provocou modificações expressivas. Observou-se que a adição de 50 % proporcionou os melhores resultados de resistência à compressão e o menor valor de absorção de água. A utilização de RCD na fabricação de tijolos de solo-cimento é uma forma de reduzir os impactos ambientais provenientes da construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Construção Civil, RCD.

INTRODUÇÃO

De acordo com Guedes et al. (2018), o crescimento no setor da construção civil proporciona o aumento no consumo de materiais que provoca uma maior extração de matérias primas e aumento da produção de resíduos. Esse aumento na produção de resíduos tem causado diversos problemas para as administrações governamentais pela elevada geração e pela deposição em locais inadequados. A falta de gerenciamento dos resíduos de construção e demolição (RCD) tem sido um dos principais fatores para a elevada taxa de crescimento e o seu equilíbrio com o desenvolvimento sustentável é um constante desafio (SILVIA; BICALHO; OLIVEIRA, 2018).

O solo-cimento é uma opção para a absorção de parte desses resíduos, onde em laboratório podem ser testadas as proporções mais adequadas para o uso de modo que elevem suas propriedades. Ainda segundo o autor, a idéia de misturar resíduos de construção na fabricação de tijolos de solo-cimento surgiu também em função da possibilidade de melhorar as suas características mecânicas, uma vez que as características físicas dos resíduos de argamassa e concreto se assemelham às dos pedregulhos e há a redução dos resíduos dispostos na natureza que, muitas vezes, são dispostos em aterros sanitários (FERRAZ; SEGANTINI, 2004).

Inicialmente, essa mistura parece uma farofa úmida, mas após ser compactada, ela endurece e com o tempo ganha resistência e durabilidade suficientes para diversas aplicações. O solo-cimento nada mais é do que uma evolução de materiais de construção do passado, como o barro e a taipa (FREIRE; BERALDO, 2003).

Considerado de baixo impacto ambiental em relação aos tradicionais Ferraz e Segantini (2004), citam que o tijolo de solo-cimento apresenta interesse do ponto de vista ecológico, pois não passa pelo processo de cozimento, no qual se consomem grandes quantidades de madeira ou de óleo combustível, como é o caso dos tijolos produzidos nas cerâmicas e nas olarias. E, ao contrário dos tijolos de argila queimada, que não permitem reaproveitamento quando se quebram, os de solo cimento podem ser triturados e imediatamente reutilizados na confecção de novos tijolos, não havendo, portanto, geração de resíduos na sua produção (DA SILVA SEGANTINI; HANNA WALDA, 2011).

Além do mais, a utilização dos tijolos de solo-cimento é vantajosa devido ao baixo custo do solo, que é o material usado em maior quantidade, a redução dos custos com transporte e energia, existindo ainda a possibilidade de redução de custos com mão de obra, pois o processo não requer profissionais especializados em grande número (FERRAZ; SEGANTINI, 2004). Considerando-se estas vantagens, estima-se que os tijolos de solo cimento podem proporcionar uma redução de 30 a 40% no custo final de uma obra (DA SILVA SEGANTINI; HANNA WALDA, 2011).

Aliadas às vantagens da aplicação do solo-cimento na fabricação de tijolos, ainda podem ser incorporados outros materiais na sua fabricação, como agregados produzidos com entulho reciclado e rejeitos industriais. Vale ressaltar que a qualidade final do solo-cimento apresenta variáveis dependentes da sua composição, como: solo, cimento e água. Assim, as suas características, bem como os seus teores, devem ser previamente estudadas.

Desta forma, o presente estudo teve o objetivo de avaliar o comportamento de tijolos de solo-cimento produzidos com a adição de resíduos de construção e demolição (RCD). Para isso, foi analisada a influência do (RCD) na retração das misturas, na resistência à compressão e na absorção de água dos tijolos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para Ferraz e Segantini (2004), o solo-cimento é um material que é apresentado como alternativa econômica para amenizar a crescente degradação do meio ambiente. Junto a isso os autores destacam que ainda há a vantagem de poder incorporar outros materiais na sua fabricação,

como agregados produzidos com entulho reciclado e rejeitos industriais. Ainda segundo o estudo no atual contexto de aproveitamento dos resíduos e preservação ambiental, as pesquisas nas quais se utilizam materiais e técnicas alternativas de construção, estão assumindo grande importância na engenharia, já que alguns tipos de resíduo podem ser utilizados com vantagens técnicas e redução de custos, como é o caso da adição de material granular, oriundo dos resíduos de construção.

A ideia de aproveitar os resíduos de construção e demolição na confecção do solo-cimento surgiu em razão de se constatar que os solos arenosos são os mais indicados para a sua confecção. É exatamente isso que se busca com a incorporação desses resíduos, pois são os materiais cujas características granulométricas, após a britagem, assemelham-se às de uma areia grossa (SEGANTINI; ALCÂNTARA, 2007). Nas construções civis realizadas nos municípios brasileiros nota-se a geração de uma grande quantidade de entulho, evidenciando um desperdício irracional de material: desde a sua extração, passando pelo seu transporte e chegando à sua utilização na obra (OLIVEIRA; MENDES, 2008).

Castro (2008) salienta que, atualmente, a preservação ambiental é uma preocupação mundial. Segundo o autor, os recursos naturais são finitos para a sociedade e a natureza era capaz de absorver quantidades ilimitadas de resíduos. Porém, começaram a surgir consequências das alterações do meio ambiente sobre o homem, mostrando a importância da regulamentação ambiental, visando o desenvolvimento sustentável. Sendo grande parte dos resíduos sólidos gerados no mundo constituída por resíduos da construção civil esta atividade é regulamentada em diversos países. A gestão de resíduos no Brasil é regulamentada pelo CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Este criou a Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002 (CONAMA 2002), alterada mais recentemente em 2012 que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Assim, a resolução CONAMA nº 307/2002 (CONAMA, 2002), define resíduos da construção civil como os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

A melhor forma de minimizar o impacto ambiental e reduzir os custos na obra é por meio da reciclagem e da reutilização dos resíduos, pois são provenientes da construção e demolição, que representam mais de 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos (PINTO, 1999). De acordo com Oliveira e Reis (2017), muitas empresas ainda acreditam que a utilização de agregados produzidos a partir da reciclagem influencia na diminuição da qualidade dos materiais e na qualidade técnica dos serviços, contribuindo para a elevada deposição de resíduos.

Uma das vertentes da reciclagem de RCD - Classe A, é a pesquisa da influência da adição de resíduos de construção de demolição nas características do solo-cimento, visando sua aplicação na fabricação de tijolos prensados. Em trabalhos realizados na Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Ilha Solteira-SP, os resultados obtidos mostraram que a adição do resíduo de concreto ao solo melhorou as propriedades mecânicas do solo-cimento, possibilitando redução de custos e produção de tijolos prensados de melhor qualidade, constituindo-se, portanto, numa excelente alternativa para o aproveitamento deste material (SOUZA, 2006).

Da Silva Segantini e Hanna Wada (2011) e Souza (2006), em seus estudos de adição de RCD em solo-cimento, obtiveram resultados satisfatórios, onde observaram que o RCD é um excelente material para ser utilizado na correção da granulometria dos solos, tornando-os mais arenosos. Estes estudos indicaram que os melhores resultados são para as misturas contendo 4% de cimento, com adição de, no mínimo, 20% de RCD. Um ponto importante a ser destacado, em vista dos resultados alcançados, foi a possibilidade de reduzir o consumo de cimento na confecção dos tijolos.

METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho foi realizado em três etapas: definição e caracterização do solo (granulometria, limite de liquidez e limite de plasticidade) e do RCD (granulometria, massa específica, massa unitária e absorção); definição das misturas de solo-cimento-resíduo e determinação da umidade ótima; avaliação das misturas (retração), produção e avaliação dos tijolos de solo-cimento (resistência à compressão e absorção de água).

Materiais

Solo - Para a confecção dos tijolos foi escolhido um solo coletado na região de Petrolina – PE e Juazeiro (BA). Esse solo foi selecionado por meio de uma avaliação, inicialmente, tátil-visual, aparentando ser arenoso, que proporcionaria condições adequadas para a moldagem dos tijolos. Como indicado pela NBR 10833 (ABNT, 2012), o solo foi, inicialmente, passado na peneira de 4,8 mm e, seguida, foram realizados os ensaios de caracterização: Análise Granulométrica, conforme a NBR 7181 (ABNT, 2016), Limite de Liquidez, conforme a NBR 6459 (ABNT, 2016) e Limite de Plasticidade, conforme a NBR 7180 (ABNT, 2016). A caracterização buscou identificar se o solo apresentava as propriedades indicadas para a produção dos tijolos de acordo com as recomendações da NBR 10833 (ABNT, 2012).

Resíduo de Construção de Demolição (RCD) - O RCD foi coletado na Central de Tratamento de Resíduos de Petrolina (CTRP), sendo processado na peneira 4,8 mm, visando sua transformação em material granular, de aspecto semelhante a uma areia grossa. Este material foi caracterizado por meio da análise granulométrica conforme a NBR 7181 (ABNT, 2016), massa específica conforme a NBR NM 52 (ABNT, 2009), massa unitária conforme a NBR NM 45 (ABNT, 2006) e absorção de água conforme a NBR NM 30 (ABNT, 2001).

Cimento - O cimento utilizado foi o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V ARI) por proporcionar altos valores de resistência logo nos primeiros dias de idade. Este cimento também foi utilizado nos estudos de Grande (2003) e Dallacort et al. (2002).

Água - A água adicionada as misturas foram oriundas da rede pública de abastecimento de Juazeiro - BA.

Variáveis do estudo

Proporção entre solo e cimento - A pesquisa em questão busca estudar o comportamento do solo-cimento com a adição de RCD, sem considerar a necessidade de estudos de dosagem de cimento para estabilização do solo. Adotou-se o teor de 10% de cimento como padrão para todas as misturas de solo-cimento, conforme indicado por Castro (2008).

Porcentagem de RCD - Além da mistura de solo-cimento de referência (sem RCD), foram estudadas mais duas composições, onde parte do solo foi substituída por RCD: 75% de solo mais 25% de resíduos de construção e 50% de solo mais 50% de resíduos de construção. Essas proporções também foram utilizadas nos estudos de Souza (2006). Observa-se a matriz experimental do estudo (Tabela 1).

Tabela 1. Matriz experimental do estudo

Traço	Composição		
	Solo (%)	Resíduo (%)	Cimento (%)
SC ₀₋₁₀	100	0	10,0
SC ₂₅₋₁₀	75	25	10,0
SC ₅₀₋₁₀	50	50	10,0

Fonte: Autores (2018).

Estimativa do teor de água - O teor de água adicionado em cada uma das composições estudadas foi dosado de acordo com os valores de umidade ótima obtidos nos ensaios de compactação feitos para cada uma das dosagens, buscando adquirir um maior peso específico seco do solo quando compactado. Realizado de acordo com as exigências da NBR 12023 (ABNT, 2012), foi utilizado o cilindro de Proctor onde mistura úmida foi compactada em seu interior com energia normal, sem reuso do material. Encontram-se os valores de umidade ótima e massa específica para cada uma das composições estudadas (Tabela 2).

Tabela 2 – Ensaio de compactação

Traço	Umidade ótima (%)	Massa específica aparente seca máxima (kg/m³)
100% SOLO	11,75	1919,33
75% SOLO + 25% RCD	11,33	1895,53
50% SOLO + 50% RCD	12,61	1788,19

Fonte: Autores (2018).

Produção dos tijolos

Inicialmente, os materiais foram misturados com as quantidades definidas pelos traços. Em seguida, foi feita a homogeneização e adicionada a quantidade de água de cada traço. Os tijolos foram moldados na prensa modular manual para tijolos de solo-cimento, da marca Sahara, com dimensões de 25 cm x 12,5 cm, disponibilizada pelo Laboratório de Materiais e Técnicas Construtivas da Univasf (Figura 1).

Figura 1 – Prensa modular manual para tijolos de solo-cimento



Fonte: Autores (2018).

Foram moldados 17 tijolos para cada traço. Destes, sete foram destinados para o ensaio de resistência à compressão na idade de sete dias, outros sete tijolos para a idade de vinte e oito dias e os três restantes para o ensaio de absorção de água aos sete dias, como exigido pela NBR 8492 (ABNT, 2012). Os tijolos foram mantidos em câmara úmida a fim de garantir o processo de cura até a realização dos ensaios avaliativos.

Avaliação das misturas e dos tijolos

Retração - Este ensaio mede a retração linear que, indiretamente, indica seu comportamento quanto à retração volumétrica e a presença de argilas expansivas. A existência desse agregado pode comprometer o desempenho do material durante a secagem ocasionando fissuras e trincas. Os ensaios foram realizados conforme a determinação do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CEPED, 1984). Tomou-se uma porção do solo e foi adicionado água, pouco a pouco, até que a mistura começou a aderir na lâmina da colher de pedreiro. Em seguida colocou-se a mistura numa caixa (60,0 cm x 8,5 cm x 3,5 cm) e foi adensado manualmente, alisando a superfície com a colher.

O material ficou em repouso em ambiente de laboratório durante sete dias. Após esse período, mediu-se a retração linear. Para ser viável à confecção de tijolos de solo-cimento, a soma das fendas existentes entre as paredes da caixa e a amostra de solo deve ser inferior a 20 mm e a amostra não deve apresentar fenda transversal na parte central da caixa.

Resistência à compressão dos tijolos - Para o ensaio de resistência à compressão foram utilizados 14 tijolos, sete foram rompidos com 7 dias e outros sete com 28 dias. De acordo com a exigência da NBR 8492 (ABNT, 2012), os tijolos foram cortados ao meio e suas metades ligadas por uma camada fina de cimento, seguido do capeamento das superfícies. Após o endurecimento da pasta de cimento, os tijolos foram imersos em água por 6 horas e, em seguida, foram levados à prensa para rompimento e determinação da resistência à compressão.

Ensaio de absorção de água dos tijolos - O ensaio de absorção de água foi realizado conforme a NBR 8492 (ABNT, 2012), onde 3 corpos de prova de cada composição foram secos em estufa, a 105 °C, até a constância de massa, obtendo-se a massa seca M1, aos 7 dias de idade. Em seguida, foram imersos em um tanque com água durante 24 horas. Após a retirada da água, os tijolos foram enxugados superficialmente e pesados, obtendo-se a massa saturada M2. O valor de absorção de água é obtido pela relação entre a massa de água absorvida e a massa do tijolo seco em estufa, conforme Equação (2).

$$A\% = \frac{M2-M1}{M1} \times 100 \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do solo

Análise granulométrica - A análise granulométrica é a determinação da faixa de tamanho das partículas presentes em um solo, expressa como uma porcentagem de peso total seco, e foi feita de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 2016). Dois métodos são utilizados para encontrar a distribuição do tamanho das partículas do solo: ensaio de peneiramento, para partículas maiores que 0,075 mm de diâmetro; e o ensaio de sedimentação, para tamanhos de partículas menores que 0,075 mm de diâmetro (DAS, 2007). Assim, a amostra retida na peneira de 0,075 mm foi submetida ao peneiramento nas peneiras de 1,2 mm; 0,6 mm; 0,42 mm; 0,25 mm; 0,15 mm; 0,075 mm e as massas passantes em cada peneira foram anotadas para a construção da curva granulométrica. Já para as partículas passantes na peneira de 0,075 mm realizou-se o ensaio de sedimentação, que tem como base o princípio da sedimentação dos grãos do solo em água, uma vez que, quando uma amostra do solo é dispersa em água, as partículas decantam com velocidades diferentes, dependendo da sua forma, tamanho, peso e da viscosidade da água. Foi verificado que a fração predominante para as duas amostras é a areia, que é indicado para a confecção de tijolos de solo-cimento (SEGANTINI; ALCÂNTARA, 2007; CASTRO, 2008). O solo também atende às exigências da NBR 10833 (ABNT, 2012) quanto aos grãos passantes na peneira 4,8 mm de 100% e grãos passantes na peneira 0,075 mm (entre 10% a 50%) de 34,41% e 34,84%, com defloculante e sem defloculante, respectivamente. O solo apresenta 19,00% e 13,00% de argila com defloculante e sem defloculante, respectivamente, que se faz necessária para a resistência inicial dos tijolos. A relação entre a quantidade de argila sem defloculante e com defloculante foi de 68,00% aproximadamente, o que indicando que o solo é altamente dispersivo. Nota-se ainda a redução da porcentagem de silte de 20,00 % para 4,00%, graças ao efeito desagregador de partículas do defloculante.

Limite de liquidez - O limite de liquidez, bem como o limite de plasticidade, são limites de consistência caracterizados pela fração fina do solo, sendo estes determinantes para a correta previsão dos aspectos fundamentais do seu comportamento em relação a variações do teor de umidade. Este ensaio foi realizado utilizando o Aparelho de Casagrande, conforme indicado na NBR 6459 (NBR, 2016). O solo utilizado possui um Limite de Liquidez foi de 17,90%, atendendo ao limite de 45% definido pela NBR 10833 (ABNT, 2012).

Limite de plasticidade - O limite de plasticidade consiste no teor de umidade, em porcentagem, no ponto de transição do estado semi-sólido para o plástico (DAS, 2007). O ensaio foi realizado conforme a NBR 7180 (ABNT, 2016). O solo utilizado possui um Limite de Liquidez de 13,80 %. A diferença entre o limite de liquidez e de plasticidade determina o índice de plasticidade, conforme a Equação 1. Este índice define a zona em que o solo se encontra no estado plástico (CAPUTO, 1983).

$$\begin{aligned}IP &= LL - LP \\IP &= 17,90 - 13,80 \\IP &= 4,10\end{aligned}\tag{1}$$

Desta forma, o índice de plasticidade do solo é 4,10%, atendendo ao limite de 18% definido pela NBR 10833 (ABNT, 2012). O solo utilizado é classificado como fracamente plástico, condição já esperada devido ao seu aspecto arenoso.

Caracterização do RCD

Análise granulométrica - A diferença na realização desse ensaio com relação ao solo, é que para o agregado de RCD foi realizado apenas o ensaio por peneiramento, uma vez que apenas uma pequena quantidade de material ficaria retida na peneira nº 200. Assim foi montado o conjunto de peneiras descartando a nº 200 e levado ao agitador mecânico. Em seguida, as frações retidas foram pesadas e seus dados coletados para a construção da curva granulométrica. A graduação da amostra de RCD mostra o comportamento do RCD como uma areia, já que a maior fração corresponde a este diâmetro. A adição deste material ao solo na confecção de tijolos de solo-cimento pode apresentar-se como benefício, uma vez que sua adição permitirá ao solo se tornar mais arenoso, característica recomendada pela literatura.

Massa específica - A NBR NM 52 (ABNT, 2009) define massa específica como a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis. Para o RCD analisado obteve-se o valor de 2,48 g/cm³.

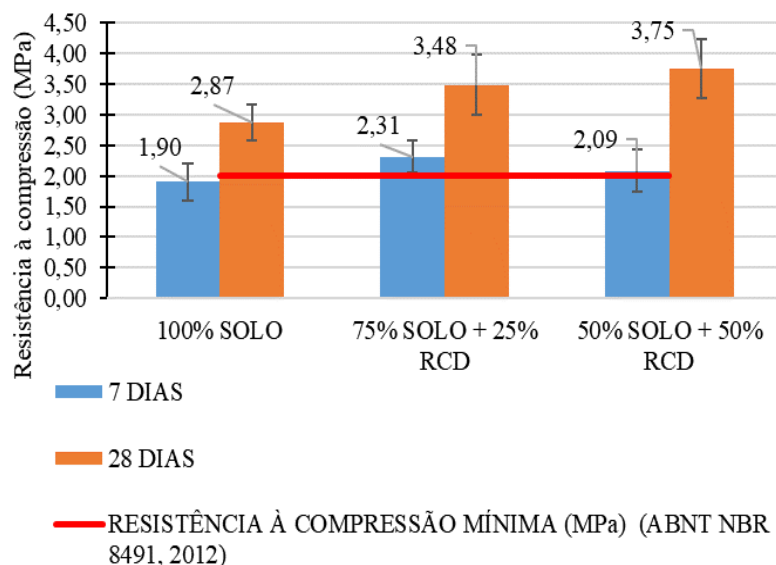
Massa unitária - Através da NBR NM 45 (ABNT, 2006), foi calculada a relação entre a massa do agregado lançado no recipiente e o volume do recipiente. Assim, obteve-se uma massa unitária de 1,21 g/cm³.

Absorção - O ensaio de absorção seguiu as exigências da NBR NM 30 (ABNT, 2001), buscando a secagem do RCD até garantir somente uma umidade superficial da amostra e depois levado a estufa. De posse dos valores, foi possível calcular a absorção do material, que foi de 6,03%.

Retração - Foi observado que nas caixas com 100% de solo e 50% de solo + 50% de RCD não houve trincas, porém tiveram uma retração de 4,00 mm. Já a caixa contendo o traço 75% de solo + 25% de RCD apresentou uma pequena trinca na região central e retração de 2,00 mm. Os resultados de retração no teste da caixa mostram que as composições estudadas de 100% de solo e 50% de solo + 50% de RCD são apropriados para a confecção do tijolo de solo-cimento, pois a soma da retração foi menor que 20 mm, conforme recomendado pelo CEPED (1984). O traço com 75% de solo + 25% de RCD não seria recomendado devido a existência de trinca na região central. Ressalta-se que o ensaio de retração através do teste da caixa é um teste empírico e, desta forma, não possui exatidão. Desta forma, este ensaio possui apenas caráter indicativo para selecionar o material (solo e resíduo) para a fabricação do tijolo de solo-cimento de forma adequada.

Resistência à compressão - De acordo com a NBR 8491 (ABNT, 2012), a amostra não poderá apresentar a média dos valores de resistência à compressão menor do que 2,00 MPa, nem valor individual inferior a 1,70 MPa, com idade mínima de sete dias. No Gráfico 1, observam-se os valores médios de resistência à compressão obtidos nas idades de 7 e 28 dias, para cada traço.

Gráfico 1 – Valores médios do ensaio de resistência à compressão



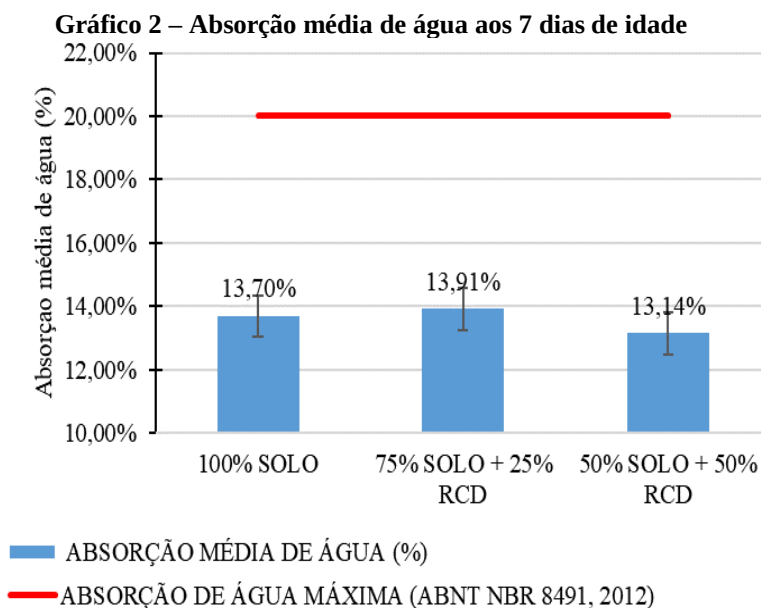
Fonte: Autores (2018).

Em relação aos valores de resistência à compressão obtidos na idade de 7 dias, verificou-se que os tijolos com solo natural não atendem às condições da norma, pois apresentam valores individuais menores do que 1,70 MPa e média menor que 2,00 MPa. Já os traços com adição de RCD satisfazem as exigências normativas quanto à resistência à compressão. Em relação aos valores de resistência à compressão obtidos na idade de 28 dias, todos os traços atendem os valores estipulados pela NBR 8491 (ABNT, 2012). Observa-se que a adição dos resíduos promoveu elevação nos valores de resistência à compressão, de 50,65 % e 72,49 %, com 25,00 % e 50,00 % de RCD, respectivamente, aos 28 dias. Este aumento pode estar associado a um melhor arranjo granulométrico propiciado por essa adição e justificado pelo ganho de resistência proveniente da hidratação do cimento. Souza (2006), em seus estudos com 10,00% de cimento e 20,00% de resíduo, obteve o valor médio de resistência à compressão, na idade de 7 dias, de 3,21 MPa e com 40,00% de resíduo obteve a resistência de 3,74 MPa. Aos 28 dias, a resistência chegou a 5,93 MPa e 6,86 MPa, para 20,00% e 40,00% de resíduo, respectivamente.

Nos estudos realizados por Pinto (2015), para 10,00% de cimento, 33,33 %, 50,00% e 66,70 % de resíduos, foi obtido uma resistência à compressão, aos 7 dias de idade, de 1,72 MPa, 2,01 MPa e 1,47 MPa, respectivamente. Nota-se que, para 50% de resíduos, foi obtido valor de resistência próximo ao adquirido neste estudo. Já para a idade de 28 dias, foram obtidas as resistências de 2,06 MPa, 1,44 MPa e 2,29 MPa, respectivamente. Observa-se que podem ser obtidos resultados ainda melhores, a depender da compactação, cura e material utilizado.

Absorção de água - No ensaio de absorção de água, de acordo a NBR 8491 (ABNT, 2012), a amostra não poderá apresentar a média dos valores de absorção de água maior do que 20,00%, nem valores individuais superiores a 22,00%, com idade mínima de sete dias. Observa-se no Gráfico 2 que todos os traços atendem às exigências da norma quanto ao ensaio de absorção média. A absorção de água dos tijolos, com e sem o RCD, atendeu às exigências da NBR 8491 (ABNT, 2012), em relação a absorção média e individual. Não se observa grandes alterações nos valores de absorção mesmo com a introdução do RCD, material conhecidamente com maior capacidade de absorção de água.

Souza (2006), obteve uma redução da absorção com a adição do resíduo. Nos tijolos de referência com 10,00% de cimento a absorção foi de 17,00%, com 20% de RCD a absorção média foi 14,30%, e com 40,00% de RCD a absorção foi de 13,30%. Pinto (2015), para 10,00% de cimento e para 33,33 %, 50,00% e 66,70 % de resíduos, obteve absorção média de água de 21,46 %, 20,00 % e 22,11 %, respectivamente



Fonte: Autores (2018).

CONCLUSÕES

Em vista dos resultados obtidos, nota-se que o solo escolhido é adequado para a confecção dos tijolos. Apesar da sua baixa resistência à compressão na idade de 7 dias, os valores obtidos aos 28 dias atenderam aos requisitos normativos, com crescimento de 51,05 %. Para os traços com a adição de RCD, as resistências aos 7 dias de idade já atenderam a prescrição da norma. Na idade de 28 dias há um aumento considerável na resistência de 50,65 % e 72,49 %, com 25,00 % e 50,00 % de RCD, respectivamente. Ressalta-se que aos 28 dias, os tijolos com maior adição de RCD (50,00 %) obtiveram a maior resistência em comparação ao traço de referência e com 25% de RCD.

A substituição de 25,00 % de solo por RCD influenciou no aumento de resistência e da absorção de água em 1,53 %, dentro do limite previsto na norma, em relação ao traço de referência. Já a substituição de 50,00 % de RCD provocou a redução da absorção em 4,09 %. Observa-se que o solo-cimento é uma excelente matriz para o aproveitamento do RCD, possibilitando uma adição de até 50% em substituição do solo, sem prejuízos para as características dos tijolos, muito pelo contrário, com melhoras consideráveis de resistência à compressão. A proporção de cimento de 10,00 % mostrou ser adequada para a produção dos tijolos de solo-cimento, atendendo à faixa de 5,00 % a 10,00 %. A utilização de RCD na fabricação de tijolos de solo-cimento configura-se como forma de melhorar as propriedades mecânicas além de ser uma prática ecologicamente correta que contribui para a diminuição dos impactos ambientais das atividades do setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016. 5 p.
- _____. **NBR 7180**: Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016. 3 p.
- _____. **NBR 7181**: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016. 12 p.
- _____. **NBR 8491**: Tijolo de solo-cimento: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012. 5 p.

_____. **NBR 8492**: Tijolo de solo-cimento: Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água: Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012. 4 p.

_____. **NBR 10833**: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica: Procedimento. Rio de Janeiro, 2012, 3 p.

_____. **NBR 12023**: Solo-cimento: Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2012. 7 p.

AMN. ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **ABNTNM 30**: Agregado miúdo: Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001. 3 p.

_____. **ABNTNM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8 p.

_____. **ABNTNM 52**: Agregados miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009. 6 p.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 307, de 05 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2002.

CAPUTO, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações Fundamentos. **Rio de Janeiro, LTC S. A, 5ª edi**, 1983.

CASTRO, S. F. **Incorporação de resíduos de caulim em solo-cimento para construções civis**. 112 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2008.

CEPED. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento. **Manual de construção com solo-cimento**. Camaçari: CEPED, 1984. 116p.

DA SILVA SEGANTINI, A. A.; HANNA WADA, P. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 2, 2011.

DALLACORT, R.; LIMA JÚNIOR, H. C.; WILLRICH F. L.; BARBOS, N. P. Resistência à compressão do solo-cimento com substituição parcial do cimento Portland por resíduo cerâmico moído. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 511-518, 2002.

DAS, B. M. Fundamentos de engenharia geotécnica, tradução All Tasks; revisão técnica Pérsio Leister de Almeida Barros. **Thomson Learning. São Paulo, 559p**, 2007.

FERRAZ, A. L. N.; SEGANTINI, A. A. S. Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento. **Proceedings of the 5th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2004.

FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L. **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Editora UNICAMP, 2003.

GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003.

GUEDES, F. L.; SILVA, R. S. O.; VASCONCELOS, H. M. S. **Gerenciamento de resíduos da construção civil (RCC)**: estudo de caso das ecoestações para pequenos geradores, Recife-PE. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 267-275. E-Book. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook_gestao%20publica%20e%20privada.pdf?dl=0>. Acesso em: 17 de mai. 2018.

OLIVEIRA, E. G.; MENDES, O. **Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição: estudo de caso da Resolução 307 do CONAMA**. 2008. Disponível em: <<http://www.pucgoias.edu>>.

br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/GERENCIAMENTO% 20DE% 20RES% C3% 8DDUOS% 20DA% 20CONSTRU% C3>. Acesso em: 20 abr. 2018.

OLIVEIRA, G. B.; REIS, L. M. M. **Gestão de resíduos sólidos da construção civil: algumas propostas de uma empresa de Natal - RN**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2017. p. 334-346. E-Book. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/lduryv08741zjnq/Epersol_2017_Res%C3%ADduos_Industriais_e_Novas_Tecnologias.pdf?dl=0>. Acesso em: 17 de mai. 2018

PINTO, L. M. **Estudo de tijolos de solo cimento com adição de resíduo de construção civil**. 59 f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SEGANTINI, A. A. S.; ALCÂNTARA, M. A. M. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007.

SILVIA, G. D.; BICALHO, S. F.; OLIVEIRA, M. S. C. **Gerenciamento de resíduos da construção civil em um condomínio no município de Vitória da Conquista - BA**. 1ª Ed. Recife: EDUFRPE, 2018. p. 276-291. E-Book. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook_gestao%20publica%20e%20privada.pdf?dl=0>. Acesso em: 17 de mai. 2018.

SOUZA, M. I. B. **Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento**. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2006.

4.8. DIAGNÓSTICO DO USO DO PÓ DE PEDRA EM ARGAMASSAS: CASO DO MUNICÍPIO DE CAICÓ - RN

MEDEIROS, José Humberto Dantas de
Universidade Federal de Pernambuco
humbertodmedeiros@hotmail.com

PINTO, Isabelly Christiny Monteiro de Souza
Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Alagoas
isabellycmisp@gmail.com

FERREIRA, Ruan Landolfo da Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
ruanlandolfo@gmail.com

MOREIRA, Aerson Barreto
Universidade Federal do Cariri
aersonbarreto@gmail.com

RESUMO

A construção civil além de ser um dos pilares do desenvolvimento econômico, é responsável pelo elevado consumo dos recursos naturais e também pela geração de diversos impactos ambientais. Surge, então, a necessidade de buscar novas soluções que contribuam para a preservação do meio ambiente. Nessa perspectiva, a utilização do pó de pedra em argamassas constitui uma alternativa bastante compatível com a conotação sustentável, uma vez que ao, substituir a areia de rio, permite reduzir os impactos gerados com a extração e produção dos agregados naturais. Embora sua utilização em materiais de construção seja bastante difundida, seu emprego em pequenas regiões carece do conhecimento técnico e aceitação dos construtores. Dessa forma, o presente estudo teve por finalidade investigar o uso do pó de pedra na produção de argamassas, bem como relacionar os resultados obtidos com outras pesquisas indicadas na literatura. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica e um estudo de caso em pequenas construções no município de Caicó/RN. Os resultados obtidos mostraram que é viável a substituição da areia natural pelo pó de pedra devido à melhoria nas propriedades das argamassas (trabalhabilidade e resistências mecânicas) e, sobretudo, em função da redução dos impactos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Construção civil, materiais de construção, sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

O ser humano vem explorando de forma abusiva os recursos naturais e a construção civil é responsável, em grande parte, por essas mudanças ambientais, pois consome mais matérias-primas (em torno de 3.000 milhões de toneladas/ano) do que qualquer outra atividade econômica, o que enfatiza o seu caráter insustentável (PACHECO-TORGAL, 2017). Em particular, os materiais de construção afetam o meio ambiente em todo o seu ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas até que os produtos cheguem ao aterro, como resíduos de construção, através das etapas de fabricação, construção e uso dos edifícios (GALÁN-ARBOLEDAS et al., 2017).

Em um mundo que avança rumo a um futuro urbanizado, a quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU), um importante subproduto do estilo de vida urbano, está crescendo ainda mais proeminentemente do que a taxa de urbanização (COBAN; ERTIS; CAVDAROGLU, 2018). Estima-se que a produção anual de RSU no Brasil seja de quase 78,3 milhões de toneladas, o equivalente 1,04 kg/hab/dia (ABRELPE, 2016). Embora esses dados representem uma leve queda (2,9%) em relação ao ano anterior, deve-se notar que diversos são os impactos causados no meio ambiente decorrente dessa prática.

A eliminação não controlada e não científica de todas as categorias de resíduos, incluindo os resíduos orgânicos, conduz a problemas ambientais, como a contaminação da terra, da água e do solo, devido à lixiviação de nutrientes, etc. Além disso, os problemas derivados de resíduos sólidos possuem um caráter único e complicado, e os resíduos não tratados são a fonte potencial de poluição (RAMACHANDRA et al., 2018) e, portanto, potencializam a problemática ambiental.

Em contrapartida, nos últimos anos, a construção civil visa se adequar a tendência mundial de sustentabilidade, utilizando materiais ou tecnologias que foquem no bom uso e economia de recursos finitos (ISAIA, 2017). De acordo com Brescansin et al. (2015), a sociedade vem se mobilizando para dar mais atenção ao tratamento dos resíduos pós-consumo, com a finalidade de reduzir, ou mesmo evitar, a geração de passivos ambientais decorrentes do incorreto manejo destes, o que para

Uma alternativa sustentável seria a utilização de resíduos produzidos por indústrias próximas ao local das edificações. Assim seria possível dar uma destinação final adequada para o resíduo, evitando sua deposição em aterros e, conseqüentemente, reduzindo o impacto ambiental gerado (BAPTISTA, 2017).

Os diferentes materiais da construção civil como concreto, argamassa e argamassa colante, podem ser opções para a incorporação de rejeitos industriais. Na constituição das argamassas, a areia atua como um material de enchimento, assim como a brita atua no concreto, garantindo a resistência através da aderência com o cimento e o empacotamento dos grãos. Por outro lado, em função da representação volumétrica dos agregados, uma grande quantidade deste material é utilizada para a produção de materiais cimentícios, resultando em sérios problemas ambientais, como o comprometimento do regime de vazão dos cursos de água, assoreamento de rios e a modificação do equilíbrio biológico (RODRIGES et al., 2013; BEDERINA et al., 2013).

Como alternativa, dentre os resíduos industriais está o pó de pedra, gerado a partir da britagem de rochas e que permite, ao ser utilizado como adição em materiais cimentícios, a redução dos custos e minimização do uso dos recursos naturais e dos impactos gerados pela extração de areias de rios. Sua produção pode ser realizada no próprio canteiro das pedreiras, próximas aos grandes centros consumidores, o que reduz os custos e os impactos ambientais com o transporte. A lavagem do agregado miúdo gera pó de pedra, caracterizado pelo material passante na peneira #200 (0,075 mm) que é estocado ao ar livre (CAMPOS, 2015).

Tento em vista que a mão de obra exerce grande influência nas técnicas construtivas, este trabalho tem como objetivo principal investigar os motivos pelos quais os pedreiros da região de Caicó/RN utilizam o pó de pedra para a produção de argamassas, bem como relacionar os resultados obtidos com pesquisas científicas

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O setor da construção civil é responsável por um enorme impacto ambiental devido a sua grande demanda de matérias-primas não renováveis (CORDEIRO, 2013). Essa elevada demanda tem despertado na sociedade maior preocupação com o meio ambiente e impulsionado a busca por novas alternativas técnicas que permitam o desenvolvimento sustentável (D'AGOSTIM; VIDAL; CASTRO, 2016). A exemplo disso, pode-se citar as inúmeras pesquisas desenvolvidas a nível global que buscam avaliar e aproveitar os resíduos sólidos na produção de outros materiais.

A minimização desses impactos, com a diminuição da produção de resíduos, e limitação do uso dos recursos naturais são características fundamentais para as sociedades modernas que buscam o desenvolvimento sustentável. Por isso, tanto a legislação ambiental, quanto a Política Nacional de Resíduos Sólidos, preconizam a importância de buscar soluções técnicas para o aproveitamento dos resíduos (CAMPOS et al., 2014). O grande volume gerado de resíduos pode ser reduzido e/ou minimizado por meio do manejo sustentável, no qual permita a conservação dos recursos naturais e contribua para geração de valor agregado desses materiais (PASCHOALIN FILHO; STOROPOLI; DUARTE, 2014).

Os fatores econômicos e sociais têm exigido as empresas à consciência sobre a proteção do meio ambiente. Atualmente, essa preocupação se mostra evidente, principalmente no tocante a gestão dos impactos por parte da necessidade em adotar uma política global de gestão ambiental que ofereça a sustentabilidade das atividades produtivas, como solução viável para apresentarem conformidade com a Legislação em vigor (SANTIAGO et al., 2015).

Nesse sentido, o setor da construção civil é considerado um dos maiores consumidores de recursos naturais, uma vez que a cadeia produtiva da construção civil consome entre 20 e 50% dos recursos naturais de todo o planeta. Nas cidades brasileiras, esses resíduos representam de 41 a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos (BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Fica evidente, portanto, o potencial econômico da indústria da construção civil. Todavia, os impactos ambientais negativos causados envolvem toda a cadeia produtiva, desde a extração da matéria-prima até que os produtos cheguem aos aterros (GALÁN-ARBOLEDAS et al., 2017), causando poluição sonora, poluição do ar, desmatamento, afugentamento de espécies, compactação do solo, perda de biota, aquecimento do microclima. (ARAÚJO; PEREIRA; VASCONCELOS, 2016).

A falta de locais adequados para o descarte ou a indicação de formas de reaproveitamento não são os únicos problemas inerentes à gestão dos resíduos. O meio urbano é um espaço que, devido à elevada quantidade de resíduos sólidos gerados pela população durante as atividades cotidianas, condiciona o morador a observar determinados fragmentos do ambiente sem perceber situações de graves impactos ambientais (ARAÚJO et al., 2018). A maior parte dos resíduos gerados pela indústria brasileira de rochas ornamentais é destinada de forma irregular na natureza, o que pode ocasionar sérios danos aos solos (PAPPU; SAXENA; ASOLEKAR, 2007) e aos seres humanos (REGO et al., 2001).

Assim, uma das principais questões da má gestão se inicia nas indústrias, que ainda de forma insuficiente, tem tentado adequar seus processos produtivos para a redução e o reaproveitamento de matérias-primas (SILVA et al., 2017). Para Yacout (2016) a gestão de resíduos é um instrumento de grande importância para minimizar os resíduos gerados e melhorar as condições ambientais. Quanto ao aspecto ambiental, a gestão trata do emprego de métodos e ferramentas com atuação em reduzir os impactos ao meio ambiente pelas atividades industriais (PELIZER; LIMA, 2014).

Dessa forma Petry (2015), comenta que a utilização de resíduos, tanto da construção civil como de indústrias dos mais variados ramos, é indicada não apenas por reduzir o consumo energético ligado à produção de materiais, mas também para diminuir os custos de destinação final, transporte e diminuir a extração de recursos naturais. Essa reutilização já tem uma base

sólida em obras de pavimentação, em concretos magros, em obras de drenagem, entre outros. Porém, somente a reutilização de resíduo como agregado na construção civil faria com que o mercado absorvesse grande parte dos resíduos gerados (BIGOLIN, 2013).

A produção de rochas britáveis constitui um dos principais agregados para a construção civil. Sendo, a brita, considerada um dos principais insumos para a construção civil e se destaca como uma das principais substâncias minerais devido ao valor total de sua produção (TAVARES, 2016). No procedimento de britagem dos agregados graúdos é gerado uma quantidade significativa de um material inicialmente visto como rejeito. Observadas suas características e um grande potencial de reaproveitamento, tal material foi então destinado à utilização em forma de agregado miúdo e designado de areia de britagem ou pó de pedra (TEODORO, 2013).

O pó de pedra, como é conhecido comercialmente, é o rejeito da exploração de pedreiras, que representa entorno de 15 a 20 % da britagem de rochas. Embora a nomenclatura mais utilizada seja o pó de pedra, diversas denominações para esse material podem ser encontradas na literatura científica, dentre elas: pó de brita, areia artificial, finos de pedreira, finos de pedra britada, finos de britagem e até areia clonada. Existe também diferenças na granulometria, origem e teor de material pulverulento, que podem ou não constituir o pó de pedra (DUARTE, 2013).

Segundo a NBR 7225 (ABNT, 1982), o pó de pedra possui dimensão nominal máxima inferior a 0,075 mm. Bauer (2000) complementa que sua curva granulométrica pode diferir de pedreira para pedreira, pois ele é formado de todo material que passa na peneira industrial 2,4 mm, representando uma maior porcentagem de finos das areias padronizadas.

A utilização do pó de pedra se mostra com grande relevância para a solução de questões ambientais, que por sua vez, são considerados de acordo com Nunes. Júnior e Pelisser (2013), como características marcantes do mundo industrializado. A substituição da areia natural pelo pó de pedra na produção de concretos e argamassas vem sendo pesquisada desde muito tempo, e os resultados recentes demonstram o potencial técnico e econômico desses materiais (DUARTE, 2013; DING et al., 2016; RIBEIRO et al., 2016; KABEER; VYAS, 2018), constituindo-se como uma solução importante na busca pela preservação do meio ambiente.

Ressalta-se, ainda, que o pó de pedra é considerado um produto alternativo com melhor custo/benefício, em termos de redução de matéria-prima e custo total da obra, justamente porque sua produção pode ser realizada nos canteiros das pedreiras localizadas próximas aos grandes centros urbanos (PIMENTA, 2012) e não agrega valor ao processo (DUARTE, 2013).

METODOLOGIA

O estudo desenvolveu-se no município de Caicó – RN, localizado na mesorregião Central Potiguar e na microrregião do Seridó Ocidental, limitando-se com os municípios de Jucurutu, Florânia, São João do Sabugá, Ouro Branco, Jardim do Seridó, São José do Seridó, Cruzeta, Timbaúba dos Batistas, São Fernando e Serra Negra do Norte, e com o Estado da Paraíba.

Quanto aos procedimentos, o presente trabalho caracteriza-se pelo tipo de pesquisa bibliográfica e de campo, realizadas com base em entrevistas junto aos pedreiros de 20 pequenas construções localizadas no município supracitado. Durante a realização das visitas, buscou-se por meio dos questionários e registros fotográficos, analisar o uso de pó de pedra como material de construção, bem como verificar as suas características e os procedimentos realizados durante aplicação deste material.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Exploração da matéria-prima no município de Caicó/RN

Em todo território brasileiro, a construção civil é a maior consumidora de recursos naturais. Como consequência, esse setor contribui tanto para o desenvolvimento econômico como

para o social, e com a mesma intensidade, é responsável por gerar grandes impactos ambientais, seja consumindo os recursos naturais ou alterando as paisagens (SILVA, 2007).

O cenário no município de Caicó – RN não é ser diferente das outras cidades em relação à exploração dos recursos naturais. O município possui um território que ocupa uma área de 1.228,583 km² (IBGE, 2017), sendo propício para exploração de recursos naturais para construção civil. Além disso, é cortado por três rios Rio Seridó, Rio Barra Nova e o Rio Sabugí, onde desses rios são retiradas areias para as construções civil do município e das cidades circunvizinhas. A exploração da areia no município de Caicó/RN reflete tanto na geração de emprego e renda, como na origem de impactos ambientais negativos decorrentes dessa atividade.

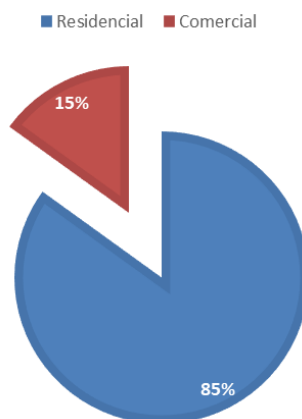
Além da exploração dos agregados miúdos (areia) nas margens dos rios do município, há também a exploração das rochas para produção dos agregados graúdos (brita). No município existem dois britadores (Britador Seridó e o Britador Caicó) que exploram os recursos naturais de forma legal. O britador Seridó extrai por dia, em média, 800 toneladas de rocha para fabricação de britas, constituindo-se atualmente como a principal empresa produtora de agregados da região. O Britador Caicó extrai uma quantidade menor em relação ao Britador Seridó, porém, juntas essas empresas extraem cerca de 1300 mil toneladas de rochas por dia.

Toda brita produzida é empregada nas construções do próprio município e dos circunvizinhos. Sendo grande parte da produção do agregado graúdo fornecida para construções das bases das torres eólicas localizadas no município de Lagoa Nova/RN.

Diagnóstico do uso do pó de pedra

Os resultados obtidos nesta pesquisa mostraram que o uso do pó de pedra em Caicó é bem difundido. Grande parte desse material é utilizado pelas empresas responsáveis pela construção de edificações de uso residencial (Figura 1).

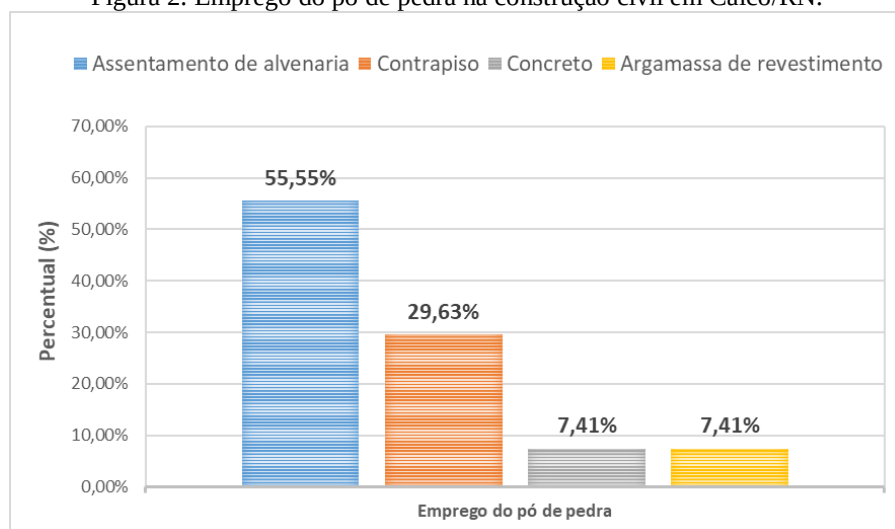
Figura 1. Tipologia das construções que utilizam o pó de pedra



Essa maior utilização do pó de pedra em edificações residenciais deve-se à maior quantidade obras residenciais executadas na cidade de Caicó/RN.

Foi verificado que o pó de pedra é empregado em serviços diversos, tais como assentamento de alvenaria, contrapiso, concreto e em argamassas de revestimentos (reboco) e assentamento. Com base nos resultados apresentados (Figura 2), observa-se que o principal uso do pó de pedra é para o assentamento de alvenaria (55,55%).

Figura 2. Emprego do pó de pedra na construção civil em Caicó/RN.



Outro aspecto investigado nesta pesquisa foi a proporção dos materiais empregados na produção das argamassas (revestimento e assentamento), concretos e contrapisos que utilizam o pó de pedra. A proporção é denominada na construção civil por traço, podendo ser apresentado em volume ou massa. Tradicionalmente, a ordem de apresentação é cimento: areia: brita, para concretos e, cimento:cal:areia ou cimento:areia para as argamassas. A seguir, tem-se uma demonstração de todos os traços usados de acordo com o tipo de material produzido (Tabela 1).

Tabela 1. Traços empregados na produção dos materiais de construção civil em Caicó/RN

Obra	Tipologia	Uso do pó de pedra	Traço
1	Residencial	Assentamento de alvenaria	1:3:3
2	Residencial	Assentamento de alvenaria	1:2:3
3	Residencial	Assentamento de alvenaria e contrapiso	1:3:3; 1:2:3
4	Comercial	Assentamento de alvenaria	1:3:1
5	Residencial	Assentamento de alvenaria, contrapiso e concreto	1:3:3; 1:2:2; 1:3:2:1
6	Residencial	Assentamento de alvenaria	1:3:3
7	Residencial	Assentamento de alvenaria	1:3:3
8	Residencial	Assentamento de alvenaria e concreto	1:3:3; 1:3:2:1
9	Residencial	Assentamento de alvenaria	1:4:4
10	Residencial	Contrapiso	1:2:2
11	Comercial	Assentamento de alvenaria	1:3:3
12	Residencial	Contrapiso	1:2:2
13	Residencial	Contrapiso e assentamento de alvenaria	1:2:2; 1:3:3
14	Residencial	Assentamento de alvenaria	1:4:4
15	Residencial	Contrapiso e reboco	1:6; 1:3:3
16	Residencial	Assentamento de alvenaria	1:4:4
17	Residencial	Assentamento de alvenaria e contrapiso	1:3:3; 1:2:3
18	Residencial	Assentamento de alvenaria	1:3:3
19	Comercial	Contrapiso e assentamento de alvenaria	1:2:2; 1:3:3
20	Residencial	Assentamento de alvenaria	1:3:3

É possível identificar que o pó de pedra pode ser utilizado para a produção de diversos materiais de construção civil, devendo, no entanto, verificar a sua granulometria. Para Pimenta (2012), dependendo da sua granulometria o pó de pedra possui diversos usos, quais sejam

- O pó de pedra fino (0,075 – 1,20 mm): é usado para argamassa para levantamento de alvenarias e reboco e serviços em que são utilizadas as argamassas em geral;

- O pó de pedra médio grosso (0,075 – 4,80 mm): esse tipo de pó de pedra é usado para concretos estruturais confeccionados em obras e pré-fabricados e serviços em que são utilizados os concretos em geral;
- Granilha de 4,80 mm com pequena porcentagem de finos (<0,075 mm): Salpique para reboco de alvenarias, asfaltos em geral, blocos pré-fabricados em geral e concretos compactados a rolo.

A utilização do pó de pedra é bastante aceita pelos pedreiros da região. Segundo os mesmos, o uso desse material melhora a trabalhabilidade das argamassas, podendo, inclusive, ser adequadamente substituído pela cal. Além da facilidade de aplicação das argamassas com pó de pedra, a seu emprego também pode ser justificado pelo simples processo que é feito antes da mistura, no qual o pó de pedra recebe apenas um peneiramento prévio para remover a presença de partículas grossas, como se pode observar (Figura 3).

Figura 3. Estocagem do pó de pedra para posterior utilização em argamassas.



Estudos revelam que é possível substituir a areia convencional por pó de pedra na produção de argamassas (NUNES JÚNIOR; PELISSER, 2013; RIBEIRO et al., 2016; KABEER; VYAS, 2018). Nunes Júnior e Pelisser (2013) citam que as argamassas com 50% de substituição da areia por pó de pedra, apresentam resistência à compressão e módulo de elasticidade consideravelmente superior ao de argamassas industrializadas. Os pedreiros, com base em seu conhecimento prático, confirmam ainda que as alvenarias, cujo assentamento foi feito com pó de pedra, são mais resistentes e duráveis.

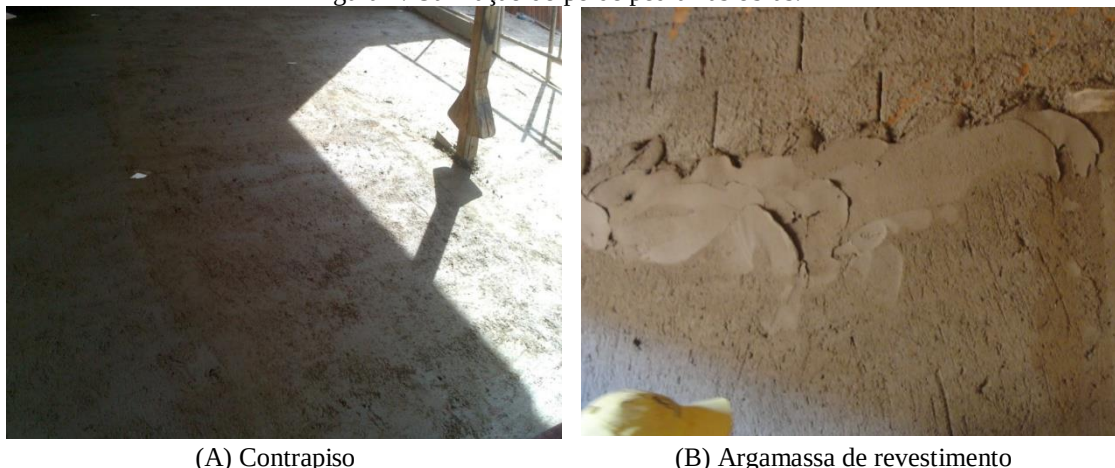
Partindo da premissa que o pó de pedra melhora as propriedades das argamassas, do ponto de vista econômico, é possível reduzir o custo final, uma vez que se utiliza um resíduo que possui menor custo comparado com os agregados naturais e até mesmo com a cal. Assim, é possível utilizar tanto o pó de pedra como substituto ao agregado miúdo ou cal na produção de argamassas.

Como visto anteriormente, em aproximadamente 29% das obras visitadas, os pedreiros fazem o uso do pó de pedra juntamente com a areia para produzir contrapisos. A utilização desse material no município de Caicó é bastante difundida, principalmente devido a sua abundância e custo mais acessível quando comparado com a areia convencional.

A argamassa de contrapiso (Figura 4A) produzida com pó de pedra é uma solução prática e bastante empregada no município de Caicó, porém são necessários a realização de estudos que comprovem e indiquem quais as consequências técnicas de sua utilização, principalmente quanto aos aspectos de durabilidade. Em termos práticos, os pedreiros relatam que ao usar o pó de pedra tornam as argamassas mais resistentes e menos impermeáveis, o que resulta em uma superfície capaz de aderir melhor aos revestimentos que serão aplicados.

Cerca de 10% dos pedreiros entrevistados, garantem que a argamassa de revestimento produzida com pó de pedra apresenta maior resistência do que aquelas produzidas com a cal, contribuindo para uma maior durabilidade das alvenarias, especificamente, quanto ao surgimento de manifestações patológicas, como por exemplo a eflorescência. Citam ainda, que visualmente estas argamassas possuem as mesmas funções que as produzidas com a cal (Figura 4B).

Figura 4. Utilização do pó de pedra nas obras.



Os pedreiros recomendam que o reboco possua espessura de 2,5 cm e que para produzir as argamassas seja utilizada uma proporção de 1:3:3 (cimento, areia, pó de pedra) e o pó de pedra seja peneirado com o intuito de remover os grãos grossos. Esse último procedimento garante que os revestimentos possuam adequado acabamento de suas superfícies. A título de conhecimento, o método basicamente utilizado para execução dos rebocos era:

- 1 – Limpeza e saturação do substrato;
- 3 – Aplicação da argamassa no substrato;
- 4 – Sarrafeamento da argamassa;
- 5 – Acabamento final da superfície do reboco.

Em contrapartida, os pedreiros relatam que as argamassas com pó de pedra possuem maior peso, endurecem com maior facilidade, o que dificulta a realização do sarrafeamento, e o não peneiramento do material resulta em revestimentos com superfície áspera. Esses motivos, levam a não aceitação do pó de pedra para ser utilizado em argamassas por parte dos pedreiros.

CONCLUSÕES

Com bases nos resultados apresentados neste estudo, as seguintes conclusões podem ser tiradas.

- O uso do pó de pedra no município de Caicó/RN é bem difundido, principalmente em construções de edifícios residenciais;
- O emprego deste material se justifica pela sua abundância e em função das melhores propriedades apresentadas pelas argamassas;
- Na perspectiva da mão de obra, é viável tanto do ponto de vista prático como econômico utilizar pó de pedra ao invés da cal e/ou areia.

O não conhecimento de cunho científico dos benefícios da utilização do pó de pedra alerta para a importância de se desenvolver de pesquisas que especificamente avaliem o desempenho e, principalmente, a durabilidade das argamassas produzidas com esse subproduto regional. Do

ponto de vista ambiental, a utilização do pó de pedra, seja em substituição a areia ou a cal, possibilita a redução dos impactos ambientais causados durante a extração e produção dos materiais convencionais.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 7225: Materiais de Pedra e Agregados Naturais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**. 2017.

ARAÚJO, F. N. F.; ARAÚJO, V. B.; MARTINS, M. F.; BARBOSA, M. F. N. **Impactos socioambientais provocados por resíduos sólidos em terrenos baldios de Campina Grande-PB; um olhar fotográfico**. Capítulo 2. SANTOS, J. P. de O. et al. Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais. 1 ed. Recife: EDUFRPE, p.104-120, 2018.

ARAÚJO, M. S.; PEREIRA, P. A. VANSCONCELOS, A. C. F. **Resíduos sólidos da construção civil: uma análise da atuação da administração pública na problemática do descarte em Campina Grande- PB**. Capítulo 5. In: EL-DEIR, S. G.; GOMES, P.; AGUIAR, W. J. Resíduos sólidos: práticas para uma gestão sustentável. 1 ed. Recife: EDUFRPE, p.297-308, 2016...

BAPTISTA, A. S. **Influência do uso de resíduo de pó de rolagem de ágata como substituição ao agregado miúdo de calcário em concreto de cimento portland branco**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

BAUER, L. A. F. (Coord.). **Materiais de construção**. 5. ed. revisada Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000.

BIGOLIN, M. **Indicadores de desempenho para blocos de concreto: uma análise de requisitos mais sustentáveis para a produção a partir de RCD**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica[online]**, v.61, n.358, p.178-189, 2015.

BRESCANSIN, A., RUIZ, M. S., GABRIEL, M. L. D. S., SILVA, J. L. Restrição ao uso de substâncias perigosas (RoHS) no segmento de computadores pessoais: análise da estratégia de adoção pelos fabricantes estabelecidos no Brasil. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 10, n. 3, p.35, 2015.

CAMPOS, A. R.; RIBEIRO, R. C. C.; CASTRO, N. F.; AZEVEDO, H. C. A.; CATTABRIGA, L. **Resíduos: tratamento e aplicações industriais**. In: Vidal, W. F. H., AZEVEDO, H. C. A. e CASTRO, N. F. Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM (Centro de Tecnologia Mineral) e MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação), p.431-492, 2014.

CAMPOS, H. F. **Concreto de alta resistência utilizando pó de pedra como substituição parcial do cimento Portland: estudo experimental**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

COBAN, A.; ERTIS, I. F.; CAVDAROGLU, N. A. Municipal solid waste management via multi-criteria decision making methods: A case study in Istanbul, Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 180, p.159-167, 2018.

CORDEIRO, L. de N. P. **Análise dos parâmetros principais que regem a variabilidade dos concretos produzidos com agregado graúdo reciclado de concreto (AGRC)**. 2013. 124 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

D'AGOSTINI, L.; VIDAL, F. W. H.; CASTRO, N. F. Utilização de resíduos de rochas ornamentais na produção de concreto. In: Jornada de Iniciação Científica. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2016.

BEDERINA, M.; MAKHLOUFI, Z.; BOUNOUA, A.; BOUZIANI, T.; QUENEUDEEC, M. Effect of partial and total replacement of siliceous river sand with limestone crushed sand on the durability of mortars exposed to chemical solutions. **Construction and Building Materials**, v. 47, p.146-158, 2013.

DING, X.; LI, C.; XU, Y.; LI, F.; ZHAO, S. Experimental study on long-term compressive strength of concrete with manufactured sand. **Construction and Building Materials**, v. 108, p.67-73, 2016.

DUARTE, João Batista. **Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por pó de pedra em concreto de cimento portland**. 2013. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

GALÁN-ARBOLEDAS, R. J.; DE DIEGO, J. Á.; DONDI, M.; BUENO, S. Energy, environmental and technical assessment for the incorporation of EAF stainless steel slag in ceramic building materials. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p.1778-1788, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Território e Ambiente do município de Caicó/RN. IBGE Cidades, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/caico/panorama>> Acesso em 26. nov. 2018.

ISAIA, G.C. **Materiais de construção e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2017.

KABEER, K. S. A.; VYAS, A. K. Utilization of marble powder as fine aggregate in mortar mixes. **Construction and Building Materials**, v. 165, p.321-332, 2018.

NUNES JUNIOR, J. J.; PELISSER, F. **Efeito do Pó de Pedra em Argamassa Para Alvenaria Estrutural**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2013.

PACHECO-TORGAL, F. Criação de startups de alta tecnologia para ambientes construídos com eficiência energética. **Revisões de Energia Renovável e Sustentável**, v. 71, p.618-629, 2017.

PAPPU, A.; SAXENA, M.; ASOLEKAR, S. R. Solid wastes generation in India and their recycling potential in building materials. **Building and environment**, v. 42, n. 6, p.2311-2320, 2007.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; STOROPOLI, J. H.; DUARTE, E. B. L. Viabilidade Econômica da Utilização de Resíduos de Demolição Reciclados na Execução do Contra piso de um Edifício Localizado na Zona Leste da cidade de São Paulo. **Revista em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p.928-943, 2014.

PELIZER, P. G. R.; LIMA, E.A.P. Implantação de sistema de gestão ambiental em pequenas empresas de prestação de serviços: uma avaliação sob a ótica da gestão de pessoas. **Revista Vox Fases**, v. 3, p. 10-25, 2014.

PETRY, N. S. **Uso de resíduos de ágata como agregado em argamassas de cimento Portland branco**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

PIMENTA, D. S. **Produção de Concreto Convencional com a Utilização de Pó de Brita**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa/PB, 2012.

RAMACHANDRA, T. V.; BHARATH, H. A.; KULKARNI, G.; HAN, S. S. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p.1122-1136, 2018.

REGO, G.; QUERO, A.; BLANCO, T. P.; BORQUEA, J. M. The effects of dust inhalation in slate industry workers. **Medicina clinica**, v. 116, n. 8, p.290-291, 2001.

RIBEIRO, K. F. A.; BRANCO, M. P. V.; VALIN JR, M. O.; ALMEIDA, É. S. Estudo da substituição da areia pelo pó de pedra como agregado miúdo em argamassa. In: 4º Encontro em Engenharia de Edificações e Ambiental. **Anais...** Cuiabá-MT: UFMT, 2016.

RODRIGUES, F.; CARVALHO, M. T.; EVANGELISTA, L. BRITO, J. Physical–chemical and mineralogical characterization of fine aggregates from construction and demolition waste recycling plants. **Journal of Cleaner Production**, v. 52, p.438-445, 2013.

SANTIAGO, N. O.; LIMA, V. E.; OLIVEIRA, D. F.; SOUSA, A. A. P. **Levantamento dos resíduos industriais gerados em um condomínio de indústrias no estado da paraíba**. Capítulo 1. In: EL-DEIR, S. G.; GUIMARÃES, E. S. Resíduos sólidos: tecnologias limpas e boas práticas. 1 ed. Recife: EDUFRPE, p.18-29, 2015.

SILVA, A. F. A.; SILVA, D. G. C.; SANTANA, C. V. SILVA, J. D. J. C. **Adição de diferentes fibras de resíduos vegetais na resistência a compressão axial do concreto**. Capítulo 6. In: BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J.; EL-DEIR, S. G. Resíduos sólidos: gestão em indústria e novas tecnologias. 2 ed. Recife: EDUFRPE, p.430-440, 2017.

SILVA, A. F. F. da. **Gerenciamento de resíduos da construção civil de acordo com a Resolução CONAMA Nº. 307/02**: estudo de caso para um conjunto de obras de pequeno porte. 2007. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2007.

TAVARES, V. C. O processo de britagem da empresa Britamix no município de Queimadas/PB e a análise da poluição sonora. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.9, n.2, p.399-412, 2016.

TEODORO, S. B. **Avaliação do Uso da Areia de Britagem na Composição do Concreto Estrutural**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

YACOUT, D. M. M.; HASSOUNA, M. S. Identifying potential environmental impacts of waste handling strategies in textile industry. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, n. 8, p.1-13, 2016.

4.9. O USO DE RESÍDUOS DE GESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA AGRICULTURA

GUSMÃO, Amanda Cristina Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

amanda.cristina.gusmao@gmail.com

GUEDES, Flávio Leônicio

UFRPE

f_l_guedes@hotmail.com

SILVA, Rafaela de Sá Oliveira

UFRPE

oliveirarafaela765@gmail.com

MONTEIRO, Bruna Gabryela Lopes

UFRPE

brunamonteiro1a2013@gmail.com

RESUMO

O aumento dos resíduos sólidos provenientes da construção civil vem causando grandes impactos e tem intensificado a degradação ambiental. O gesso é um material construtivo de ampla aplicação no setor, cujo processo produtivo é relativamente simples e envolve baixo custo energético. Após sua separação de outros rejeitos da construção, os resíduos do gesso readquirem as características químicas da gipsita, minério do qual se extrai o gesso. Desse modo, o material limpo pode ser utilizado novamente na cadeia produtiva. Na agricultura, é utilizado como fertilizantes, corretivo de solos, condicionador de superfície e condicionador de esterco. A resposta como melhorador do ambiente radicular em profundidade foi observada para a maioria das culturas anuais. Já para as culturas perenes, foi-se observado aumento de produção para manga, laranja, em especial, para o café. Estas respostas estão atribuídas à melhor distribuição das raízes em profundidade no solo, o que propicia as plantas o aproveitamento de maior volume de água. O estudo tem o objetivo analisar a aplicabilidade dos rejeitos provenientes de gesso gerados na produção construção civil e aplicados na agricultura.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos; Gesso agrícola; Rejeitos de gesso.

INTRODUÇÃO

O gesso, mineral aglomerante produzido a partir do aquecimento da gipsita, é um dos mais antigos materiais de construção fabricados pelo homem, por conta da facilidade de obtenção que consiste num simples aquecimento a uma temperatura não muito elevada, cerca de 140° C a 160°C (MEDEIROS, 2003). As principais reservas de gesso, no Brasil, ocorrem integradas às bacias sedimentares Amazônica, do delta Parnaíba, Potiguar, do Araripe e do Recôncavo baiano. As demais reservas encontram-se espalhadas em ordem entre os estados do Ceará, Maranhão, Piauí, Amazonas e Tocantins (BRASIL, 2010).

A utilização do gesso na construção civil, no Brasil, vem crescendo ao longo dos anos e com isso há um aumento na geração de resíduos. Ainda segundo o autor, devido as suas características e propriedades, o gesso possui diversas aplicabilidades como na fabricação de cimento, na medicina como gesso ortopédico e odontológico, como gesso cerâmico, na indústria farmacêutica e na agricultura como o gesso agrícola, que consiste no minério gipsita moído, é também, utilizado na agricultura para a dessalinização de solos, como fonte de cálcio e de enxofre (SILVA NETO et al., 2014).

O uso de gesso, dependendo das condições climáticas, pode fornecer nutrientes ao desenvolvimento de culturas, o que pode refletir positivamente quando o gesso esta próximo da raiz na solução do solo (PAULETTI et al., 2014). Nesse contexto, o gesso agrícola vem sendo aplicado em larga escala na agricultura devido a sua eficiência no solo, haja vista que refere-se a um insumo o qual adiciona cálcio e enxofre ao solo, permitindo transportar nutrientes catiônicos para camadas subsuperficiais impedindo a ação tóxica do alumínio as plantas (FARIA et al., 2015). Para, Vitti (2008) a medida que o gesso se mobiliza no perfil do solo, o mesmo pode proporcionar melhorias nas condições químicas e física do ambiente radicular, sem que haja a necessidade de incorporação deste insumo.

A prática da gessagem agrícola aperfeiçoa exploração das camadas subsuperficiais do solo, nas quais em função da percolação entre camadas de solo, há quantidade expressiva de umidade e nutrientes. Assim, a planta passa a absorver água e nutrientes das camadas mais profundas do solo (CARDOSO et al., 2014).

A procura por tecnologias na área de resíduos conjectura a demanda imposta pela sociedade que pressiona por mudanças, devido aos elevados custos socioeconômicos (MMA< 2018). Deve, portanto ser racional quanto aos recursos naturais e a redução de resíduos gerados, bem como minimizar os riscos associados ao seu tratamento (SIMÃO et al., 2017).

O presente estudo objetiva investigar a viabilidade do fechamento do ciclo produtivo do gesso, a partir da reciclagem de seus resíduos gerados na produção de componentes da construção civil e aplicados na agricultura.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010), é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos e versa que:

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

E, em seu Artigo 3º, diz que destinação final ambientalmente adequada é:

A destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

O rejeito é a parte do resíduo sólido que não é aproveitada pela ausência ou falha na aplicação de políticas públicas e recursos tecnológicos disponíveis (CARNEIRO, 2013). A PNRS prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado) (BRASIL, 2010).

De acordo com Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – (CONAMA, 2002), os resíduos de construção civil - RCC, incluindo os resíduos de gesso, são:

Os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliças ou metralha.

Após separados de outros resíduos da construção civil (RCC), os rejeitos do gesso, readquirem as propriedades químicas da gipsita. Dessa forma, o material purificado pode ser usado novamente no ciclo produtivo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2017). O gesso, após a reciclagem, apresenta característica físico-química semelhante ao gesso agrícola (KANNO, 2009) e, por isso, torna-se natural à alternativa do uso do mesmo na agricultura, principalmente na adubação e incremento mineral para as plantas.

METODOLOGIA

O trabalho seguiu os preceitos do estudo exploratório, por meio de uma pesquisa bibliográfica, que segundo Gil (2008, p.50), “é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos”.

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o objeto de estudo, reciclagem dos resíduos de gesso na construção civil.

Os mecanismos utilizados para a coleta de dados e técnicas de trabalho deu-se por intermédio dos meios digitais. O procedimento de coleta de dados específicos surgiu a partir da ideia de Ribeiro (2006), quando indica que, devido ao caráter poluente dos resíduos do gesso na construção civil, faz-se necessária a promoção de alternativas para o reaproveitamento desses resíduos pela própria indústria civil.

A análise dos dados, quanto à possibilidade da reciclagem dos resíduos do gesso oriundo da construção civil foi fundamentada a partir da normativa do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que através da Resolução CONAMA Nº 307/2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, e através da Resolução CONAMA Nº 431/11, reclassifica o gesso como resíduo reciclável para outra destinação (CONAMA, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Gestão Ambiental do Gesso

A gestão ambiental do gesso no canteiro de obras, nas diversas formas em que é aplicado na construção civil, merece cuidados específicos, desde a escolha do material, até a destinação dos resíduos. O gerenciamento além de cumprir a legislação, gera qualidade, produtividade, contribui para a diminuição de acidentes de trabalho e ainda reduz os custos de produção do empreendimento e de destinação dos resíduos. O grande benefício para o meio ambiente é a geração de menos resíduos e a menor utilização de recursos naturais (MMA, 2010).

Os principais impactos acarretados ao meio ambiente relacionados aos resíduos da construção civil talvez sejam aqueles associados ao descarte irregular. As ações de manejo e deposição final desses RCC têm uma dimensão ambiental que se destaca interferindo direta ou indiretamente nas esferas do desenvolvimento sustentável (GUEDES et al., 2018).

Processos do gerenciamento de rejeitos do gesso RCC (Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall, 2009):

- Coleta: Os resíduos devem ser coletados e armazenados em local específico nos canteiros, separados de outros materiais como madeira, metais, papéis, plástico, restos de alvenaria (tijolos, blocos, argamassa) e lixo orgânico (Figura 1). A coleta seletiva melhora a qualidade do resíduo a ser enviado para a reciclagem, tornando-a mais fácil. Nesse sentido, o treinamento da mão-de-obra envolvida nas operações com gesso, incluindo os prestadores de serviços terceirizados, é fundamental para a obtenção de melhores resultados para todos.
- Armazenagem: O local de armazenagem dos resíduos de gesso na obra deve ser seco. A armazenagem pode ser feita em baia com piso concretado ou em caçamba, porém em ambos os casos, o local deve ser coberto e protegido das chuvas e outros possíveis contatos com água.
- Transporte: O transporte dos resíduos deve obedecer às regras estabelecidas pelo órgão municipal responsável por meio ambiente e/ou limpeza pública, inclusive no que diz respeito à sua adequada documentação. Os transportadores também devem ser cadastrados nesses órgãos municipais.
- Reciclagem do gesso: Após sua separação de outros resíduos da construção, os resíduos do gesso readquirem as características químicas da gipsita, minério do qual se extrai o gesso. Desse modo, o material limpo pode ser utilizado novamente na cadeia produtiva (Figura 2). Desde o final da década de 1990, vêm sendo pesquisados métodos de

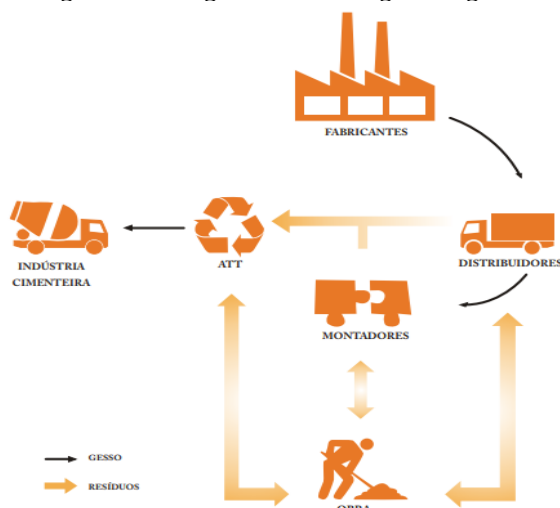
reciclagem do gesso e já se avançou de forma significativa em pelo menos três frentes de reaproveitamento desse material: indústria cimenteira, setor agrícola e a indústria da transformação do gesso. Essas três frentes de reaproveitamento já foram largamente testadas, sendo não só tecnicamente possíveis, como economicamente viáveis. Portanto, representam importantes contribuições à sustentabilidade da construção civil brasileira.

Figura 1. Coleta / separação de RCC



Fonte: MMA (2018).

Figura 2. Fluxograma da reciclagem do gesso



Fonte: MMA (2018).

Formas de Uso do Gesso na Construção Civil

O gesso, indústria da construção civil, se registra o maior consumo, onde é muito utilizado em revestimentos, na fabricação de cimento e na manufatura de pré-moldados e adornos. Calcula-se que o consumo do gesso no Brasil seja dividido na proporção de 55% para gesso

(predominantemente placas e revestimentos) e 43% para cimento, sendo que, os 2% restantes são consumidos na fabricação de produtos para fins medicinais (SINDUGESSO, 2004).

Para Canut (2006) os três principais seguimentos consumidores do gesso na indústria da construção civil são:

Cimento: A indústria cimenteira é uma das maiores consumidoras da gipsita que é utilizada na proporção de 2 a 5% em massa de cimento.

Revestimento: O gesso apresenta propriedades extremamente atraentes para o uso como revestimento, entre elas, a aderência em vários tipos de substratos e o endurecimento rápido que proporciona rapidez na execução dos serviços.

Pré-moldados: A indústria da construção civil, em todo o mundo, encontra-se em um momento claramente dedicado à busca e implementação de estratégias de modernização do setor, em que a racionalização construtiva tem um papel fundamental. Nesse sentido, as tendências mais notáveis relacionam-se ao emprego de sistemas total ou parcialmente pré-fabricados, capazes de maximizar o potencial de racionalização embutido nos processos construtivos.

Aplicação de gesso na agricultura

O gesso que é tradicionalmente na agricultura, tem quatro usos principais (Drywall, 2018):

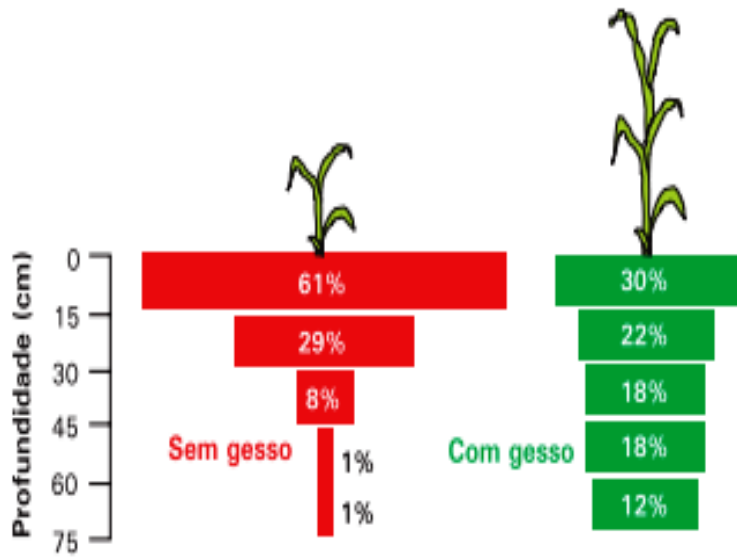
- Efeito fertilizante – é fonte de enxofre e de cálcio;
- Corretivo de solos sódicos – estes ocorrem geralmente em regiões áridas ou semiáridas, tornando-os agricultáveis; possibilita também a recuperação de áreas canavieiras que tenham recebido aplicação de doses elevadas de vinhaça, apresentando, portanto, excesso de potássio;
- Condicionador de subsuperfície – nos solos tropicais, em especial sob a vegetação de Cerrado, é frequente a deficiência de cálcio associada à toxicidade do alumínio, não só na camada arável, mas também na subsuperfície; o uso do gesso agrícola permite elevar os teores de cálcio e diminuir os de alumínio, favorecendo o maior crescimento das raízes das plantas, dando-lhes mais vigor e maior resistência a doenças e pragas e a situações de déficit hídrico;
- Condicionador de esterco – diminui as perdas de amônia e, com isso, torna os esterco mais eficientes como fertilizantes orgânicos naturais.

Há vários anos o gesso tem sido utilizado como condicionador e melhorador de solos agrícolas, como fonte de cálcio (Ca) e enxofre (S). O gesso pode ser aplicado em solos ácidos inférteis, solos sódicos e solos argilosos. Todavia, essas aplicações têm ocasionado melhorias nas radiculares de culturas e na infiltração de água em solos, resultando em melhores produções agrícolas e decréscimo de escoamento superficial e erosão (SUMNER, 1992).

É largamente utilizado como fonte de nutrientes para plantas e em vários processos físicoquímicos no perfil do solo como condicionador e melhorador de solos sódicos e solos argilosos (NUERNBERG et al., 2005). Para o *International Plant Nutrition Institute* – IPNI

(2016), os solos ácidos podem apresentar uma barreira química no subsolo, ocasionada pela acidez, que impede ou dificulta a ação das raízes. Nesses casos, em diversos tipos de solos, mas não em todos, o gesso pode estimular o enraizamento profundo no subsolo (Figura 3). Essa ação se dá pelo aumento dos teores de cálcio, redução da saturação por alumínio e, em alguns casos, pela efetiva redução da acidez do subsolo. Isso porque o gesso, por ser um sal solúvel em água, penetra no subsolo.

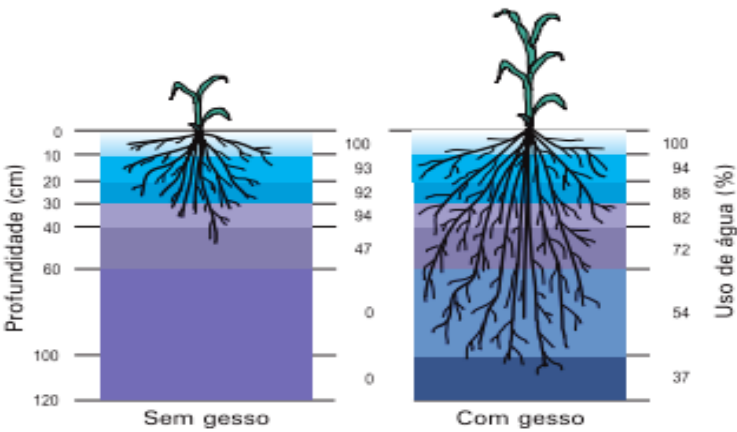
Figura 3. Distribuição relativa de raízes de milho com e sem aplicação de gesso



Fonte: Embrapa (2015)

O aprofundamento radicular promovido pelo gesso favorece a absorção de água de camadas mais profundas do solo (Figura 4), conferindo às culturas maior resistência à seca em veranicos e safrinhas. Espera-se maior atenção para o assunto no sistema de plantio direto, no qual o efeito do calcário aplicado na superfície do solo tem menor influência na acidez do subsolo, comparado ao cultivo convencional, podendo o gesso ter importante efeito complementar à calagem ao melhorar o ambiente radicular de camadas mais profundas do solo.

Figura 4. Utilização relativa da lâmina de água disponível no perfil de um solo pela cultura de milho com e sem aplicação de gesso



Fonte: Embrapa (2015)

Além da água, os nutrientes também são absorvidos com maior eficiência. Observa-se que, em média, houve um aumento de 50% na absorção dos nutrientes devido ao uso do gesso na cultura do trigo (Tabela 1).

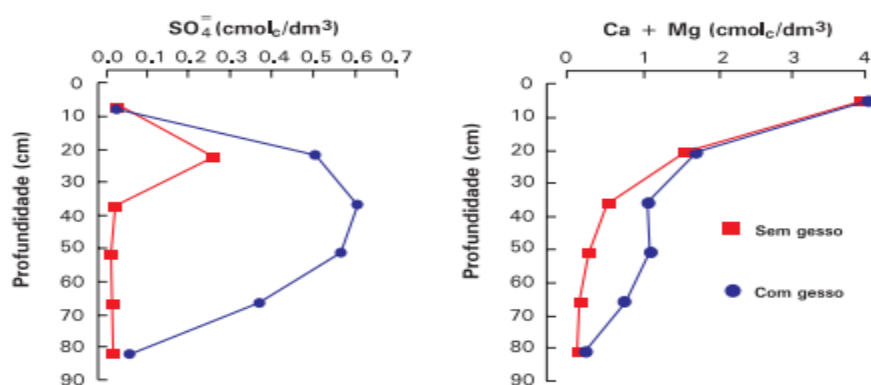
Tabela 1. Nutrientes, em média, absorvidos por cultura de trigo

Gesso	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- Kg/ha -----					
SEM	80	15	53	12	11	7
COM	120	22	80	16	16	12

Fonte: Embrapa (2015)

Alterações nas Características Químicas do solo com o Uso do Gesso na Agricultura.

Figura 5. Distribuição de sulfato e de cálcio mais magnésio trocáveis em um solo em diferentes profundidades com e sem aplicação de gesso



Fonte: Embrapa (2015)

Com a movimentação de cátions para a superfície, o teor de cálcio e magnésio aumenta e a toxidez de alumínio diminui o que melhora o ambiente do solo para as raízes desenvolverem. Esses efeitos já são observados no ano agrícola de aplicação do gesso.

Respostas as Culturas Anuais e Perenes ao Gesso (Embrapa, 2015).

A resposta ao gesso agrícola como melhorador do ambiente radicular em profundidade tem sido observada para a maioria das culturas anuais (Tabela 2). Já para as culturas perenes, tem-se observado aumento de produção para manga, laranja, em especial, para o café (Tabela 3). A cana-de-açúcar também tem representado excelentes resultados com a aplicação do gesso.

Tabela 2. Efeito da aplicação de gesso no solo para culturas anuais

Gesso	Milho	Trigo	Soja
	----- t/ha -----		
SEM	3.2	2.2	2.1
COM	5.5	3.5	2.4

Fonte: Embrapa (2015)

Estas respostas estão atribuídas à melhor distribuição das raízes em profundidade no solo (Figura 3), o que propicia as plantas o aproveitamento de maior volume de água.

Tabela 3. Efeito da aplicação de gesso no solo em culturas perenes (cultura de café).

Gesso	Produtividade café	
	4º Safra	5º Safra
	----- Kg/ha -----	
SEM	2.3	5.9
COM	4.9	7.7

Fonte: Embrapa (2015)

Nesse experimento com o café as respostas surgiram apenas a partir da quarta safra e foi atribuída à melhoria do perfil do solo, com a aplicação do gesso agrícola.

CONCLUSÕES

Por suas características, resíduo de gesso utilizado na construção civil, apresenta baixo impacto ambiental e, portanto, é compatível com as crescentes exigências de sustentabilidade das atividades econômicas, podendo ser aplicado na agricultura. O aproveitamento do gesso torna-se uma alternativa viável para os plantios, pelo fato de que os resíduos do gesso utilizado na construção podem ser reciclados com facilidade. Pontua-se também que o gesso proporciona um maior crescimento das raízes, melhorando a absorção de água e de nutrientes pelas plantas.

Há uma ampla possibilidade de uso de gesso na agricultura, podendo ser utilizado como fertilizantes, corretivo de solos, condicionador de superfície e condicionador de esterco. As respostas positivas do seu uso são atribuídas à melhor distribuição das raízes em profundidade no solo, o que propicia as plantas o aproveitamento de maior volume de água, atuando como melhorador do ambiente radicular em profundidade tanto para as culturas anuais como para as perenes. Nesse contexto, há grande possibilidade de aumento da produção de culturas com o uso de gesso. Há, portanto, necessidade de desenvolver mais experimentos e pesquisas sobre a viabilidade do uso para agricultura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL. **Coleta, Armazenagem e Destinação para Reciclagem**. São Paulo: DRYWALL, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL. **Armazenagem e Destinação de Gesso na Reciclagem**. São Paulo: DRYWALL, 2017.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Ministério de Minas e Energia. **Sumário mineral brasileiro de 2010**. Brasil: DNPM. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=5474>. Acesso em: 04 jan. 2018

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Lei 12.305. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Acesso em: 28 jan. 2018.

CANUT, M. M. C. **Estudo da Viabilidade do uso do Resíduo Fosfogesso como Material de Construção**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Construção Civil Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Construção Civil. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais: 2006.

CARDOSO, J. A. E.; PERES, G. C. M.; LAMBERT, R. A. **Influência da aplicação de calcário e gesso na cultura da soja** (*Glycine max* (L.) Merrill), Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 18, p. 1980-1987, 2014.

CARNEIRO, A. S. S. **Lixo, quem se lixa?: o bê-á-bá da Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Coordenação Centro de Apoio às Promotorias de Defesa do Meio Ambiente - Recife : Procurador a Geral de Justiça, 2013.

CONAMA - Conselho nacional do meio ambiente. **Ministério do Meio Ambiente. Altera o art. 3º da Resolução nº 307**, de 5 de julho de 2002, estabelecendo nova classificação para o gesso. Resolução nº 431 de 24 de maio de 2011. Disponível em: . Acesso em: 5 de abril de 2015.

EMBRAPA. Uso do gesso agrícola na cultura da soja em solos da região de Cerrado. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3845/uso-do-gesso-agricola-na-cultura-da-soja-em-solos-da-regiao-de-cerrado>> . Acesso em: 02 abr de 2018.

FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. **Exigências climáticas**. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - SECA: soja em carência de água. Londrina: Embrapa Soja, 2015.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6º Ed. São Paulo: Atlas , 2008.

GUEDES, F. L.; GUSMÃO, A. C. S.; SILVA, R. S. O.; VASCOCELOS, H. M. S. **Gerenciamento de resíduos da construção civil (rcc): estudo de caso das ecoestações para pequenos geradores, Recife-PE**. EPERSOL. UFRPE. E-book – Resíduos Sólidos: gestão pública e privada. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/41yr6tosu5pv1mz/ebook_gestao%20publica%20e%20privada.pdf?dl=0> . Acesso em: 22 abril 2018.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE – IPNI. Melhorando o ambiente radicular em superfície. 2016. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/07522979282F212C83257A8F005D7C7D/\\$FILE/Page8-18-135.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/07522979282F212C83257A8F005D7C7D/$FILE/Page8-18-135.pdf). Acesso em: 25 fev. 2018.

LINS, E. A. M.; MARTINS, A. G. R.; SILVA, B. S.; SILVA, C. F. B. S. **Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados na rua do Lazer: estudo de caso na universidade católica de Pernambuco**. EPERSOL. UFRPE. E-book – Resíduos Sólidos: abordagens práticas em educação ambiental. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/ffwlixroo7ex96r/Epersol_2017_Educacao_ambiental.pdf?dl=0> . Acesso em: 25 fev. 2018.

MEDEIROS, M. S. **Poluição ambiental por exposição à poeira de gesso: impactos na saúde da população**. 2003. 96 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães – CPqAM / Departamento de Saúde Coletiva – NESC, Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ, Recife/PE, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, Resíduos Sólidos, Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos>, Acessado em: 04 fev. 2018> - BRA/OEA/08/001, 2010, 320p.

NUERNBERG, N. J.; RECH, T. D.; BASSO, C. **Uso do gesso agrícola**. BOLETIM TÉCNICO n. 122. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A (EPAGRI). Santa Catarina:EPAGRI, 2005.

PAULETTI, V.; DE PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. **Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto**. Divisão 3 uso e manejo do solo comissão 3.1 fertilidade do solo e nutrição de plantas. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.38 no.2 Viçosa Mar./Apr. 2014.

RIBEIRO, A. S.. **Produção de Gesso Reciclado a Partir de Resíduos Oriundos da Construção Civil Sociais**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba para obtenção do grau de Mestre. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2006.

SINDUGESSO - Sindicato das Indústrias e Extração e Beneficiamento de Gipsita, Calcários, Derivados de Gesso e de Minerais Não-metálicos do Estado de Pernambuco (). **Mercado de gipsita e gesso no Brasil.** Pernambuco, 2004. Disponível em: Acesso em: 8 abr. 2018.

SIMÃO, N. M.; NEBRA, S. A.; SANTANA, P.H.M. **A educação para o consumo sustentável como estratégia para redução de resíduos sólidos urbanos.** EPERSOL. UFRPE. E-book – Resíduos Sólidos: abordagens práticas em educação ambiental. Disponível em: https://www.dropbox.com/s/ffwlixroo7ex96r/Epersol_2017_Educacao_ambiental.pdf?dl=0. Acesso em: 22 abr. 2018.

SILVA NETO, C. M.; CARNEIRO, V. A.; RIBEIRO, A. C. C.; OLIVEIRA, T. M.; GONÇALVES, B. B. **Utilização de resíduos de gesso da construção civil para incremento no desenvolvimento de crotalaria retusa.** Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba, v. 6, n. 1, p. 140-155, jan./jun. 2015

SUMNER, M. E. **The electrical double layer and clay dispersion.** In: SUMNER, M. E.; STEWART, B. A., eds. *Advances in soil science: Soil crusting: chemical and physical processes.* Boca Raton, Lewis, 1992. 372p.

VITTI, C. G. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola.** Piracicaba, SP. GAPE, 2008. 104 p.

4.10. AVALIAÇÃO DA DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO NA REGIÃO POLÍTICO ADMINISTRATIVA 2, RECIFE – PE

VIEIRA, Cidney Ribeiro

Escola Politécnica de Pernambuco - Universidade de Pernambuco (POLI/UPE)
crv_pec@poli.br

LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz

POLI/UPE
klafayette@poli.br

ROCHA, Joaquin Humberto Aquino

POLI/UPE
jhar_pec@poli.br

OLIVEIRA, Manoely Souza de

POLI/UPE
mso_pec@poli.br

RESUMO

A construção civil contribui de modo significativo para o crescimento de um país. Apesar dessa importância, ela também é reconhecida como um dos setores que mais consome recursos naturais, contribuindo, assim, para a produção de elevadas quantidades de resíduos. Alguns instrumentos legais foram concebidos no decorrer dos anos para estabelecer critérios e procedimentos para um correto manejo dos resíduos, a fim de evitar que os mesmos sejam depositados de maneira irregular nos grandes centros urbanos. Este artigo objetiva a realização de um mapeamento da deposição irregular dos Resíduos da Construção e Demolição (RCD), bem como analisar os impactos ambientais decorrentes desta prática na Região Político Administrativa 2 (RPA 2) da cidade do Recife. Para tal, foram identificados os pontos onde ocorreram essas deposições com obtenção das coordenadas geográficas dos mesmos, para dar subsídios à elaboração de mapas temáticos de sobreposição de pontos de RCD com auxílio do Software livre QGIS. Para identificação dos impactos, foi utilizada uma ficha de verificação, proposta por Santos (2015). Os resultados apresentam o mapeamento de 67 pontos de deposições inadequadas de RCD, os quais geram impactos aos meios físico, biótico e antrópico, afetando o nível de qualidade de vida da população. Uma adequada gestão de RCD pode minimizar os problemas identificados.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos da Construção, Impactos Ambientais, Deposições Inadequadas.

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos é cada vez maior devido principalmente ao crescimento econômico, populacional, da urbanização e do nível da qualidade de vida. No entanto, a gestão destes resíduos, geralmente realizada pelos municípios, não é eficaz por problemas relativos à organização, aos recursos financeiros, à complexidade dos sistemas, entre outros (MAGALHÃES et al., 2017; GUERRERO et al., 2013).

A indústria da construção civil consome uma elevada quantidade de recursos naturais e de energia quando comparada a outras indústrias, além de produzir uma parcela significativa na geração de resíduos sólidos (LI; ZHANG, 2013; MENDIS et al., 2013; MÁLIA et al., 2013), conhecidos como Resíduos da Construção e Demolição (RCD), provenientes principalmente da preparação e escavação de terrenos, novas construções, reformas, reparos, demolições, materiais defeituosos, entre outros, os quais causam problemas não só ambientais, mas também sociais e econômicos (PAZ; LAFAYETTE, 2016; TAM et al., 2014; POON et al., 2004; KATZ e BAUM, 2011; MÁLIA et al., 2013; MAGALHÃES et al., 2017; WU et al., 2017). Segundo Pacheco (2011) e Costa (2012), a composição dos resíduos varia de acordo com a fase da obra, mas sempre existirá um material predominante, que é peculiar a cada país devido aos processos construtivos e diversidade das tecnologias utilizadas.

A fim de reduzir os impactos provocados no meio ambiente pela gestão ineficiente dos resíduos gerados na construção civil, vários países criaram diferentes regulamentações e iniciativas que procuram minimizar e controlar os RCD (ESTADOS UNIDOS, 2012; COMUNIDADE EUROPEIA, 2001; REINO UNIDO, 2008; ESPANHA, 2008). No caso do Brasil foi criada a Resolução N° 307 (CONAMA, 2002), que estabelece critérios, diretrizes e procedimentos para a correta gestão desses resíduos. Segundo essa resolução, os RCD são classificados de acordo com o seu potencial de reutilização ou de reciclagem (Quadro 1).

Quadro 1: Classes dos RCD

Classe A	Estão presentes os resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados, tais como materiais cerâmicos, argamassa, concreto, solos derivados de terraplanagem, entre outros.
Classe B	Compreende os resíduos que podem ser reciclados para outros fins, como por exemplo, papel, plásticos, metais, madeira etc.
Classe C	Engloba os resíduos que não podem ser reciclados ou reutilizados, por falta de tecnologia desenvolvida ou por não ser economicamente viável.
Classe D	Encontram-se os resíduos perigosos, que podem causar doenças e riscos ao meio ambiente, quando não destinados adequadamente, como é caso das tintas, solventes, óleos, materiais que contenham amianto na sua composição, e tantos outros que podem ser prejudiciais.

Fonte: CONAMA (2002)

O interesse sobre este assunto surge uma vez que grande parte dos resíduos produzidos não são reaproveitados, mesmo com elevado potencial de reciclagem sendo aproximadamente 90% dos mesmos passíveis de reutilização (PAZ; LAFAYETTE, 2016). Apesar da existência de resoluções nacionais e municipais, a ineficiência de fiscalizações pode comprometer o controle das deposições dos RCD, provocando o surgimento de pontos de deposição irregular que causam uma série de impactos ambientais.

No Brasil, o descarte irregular dos resíduos tem causado sérios problemas ambientais, sociais e econômicos à sociedade. A deposição inadequada acontece em bordas de canais,

calçadas, pistas de rolamento, parques e terrenos baldios, favorecendo o desenvolvimento de agentes vetores de doenças.

Apesar dos resíduos da construção civil serem classificados como materiais inertes não reagentes, a formação desses depósitos em vias urbanas oportuniza a criação de mini-lixões em toda cidade (RODRIGUES, 2015).

Diante da crescente frequência de ocorrências de deposição irregular de RCD e das consequências negativas advindas desta prática, autores como Albuquerque (2015) e Santos (2015) realizaram o levantamento de pontos onde existem estas deposições irregulares em cidades brasileiras, elaborando mapeamentos e identificando os impactos ambientais decorrentes destas deposições, servindo, desta forma, como subsídio para que a gestão pública possa implementar melhorias à gestão dos RCD.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os resíduos gerados diariamente nos canteiros de obra demonstram que a indústria da construção é um dos maiores poluidores do meio ambiente, causando diversos impactos ambientais, mesmo que os resíduos gerados possam ser reciclados. Dentre os principais materiais que são descartados estão os solos provenientes de escavações, que, embora sejam um material natural, são abandonados de forma clandestina nos espaços públicos (LIMA, 2016).

É importante destacar que a construção civil é o setor que impulsiona a maioria dos outros segmentos produtivos, trazendo progresso e desenvolvimento para a nação. Apesar disso, é o setor que mais causa impactos ambientais negativos em todas as etapas do seu processo construtivo, desde a etapa da extração da matéria prima, produção dos materiais, aplicação, manutenções, uso e desconstrução do empreendimento (MARTINS, 2012).

Na fase de extração das matérias primas, Amadei et al. (2011) e Paschoalin Filho e Graudenz (2012), destacam como principais impactos ambientais negativos: fim das reservas naturais das fontes não renováveis, devastação das florestas, alteração da paisagem, erosão dos solos, elevação da concentração do nível de CO₂ na atmosfera e conseqüente aumento da temperatura global, poluição do ar e poluição sonora.

Para Amadei et al. (2011), acrescentam que, além dos impactos originados durante a fase de extração dos recursos naturais, também ocorrerão impactos nas fases de construção dos edifícios, observando quase sempre, um elevado índice de resíduos. Paschoalin Filho e Graudenz (2012) revelam que em grande parte das obras, os resíduos gerados decorrem da falta de planejamento, falta de padronização, precariedade das condições de trabalho e baixo grau de precisão.

Segundo Bittencourt (2012) e Vieira (2018), destacam que os impactos ambientais originados nos canteiros de obras são de diversas naturezas. A elevada produção de RCD, poluição do ar, poluição sonora, interferências no sistema de drenagem natural do solo, impactos diretos relacionados à perda da biodiversidade, são alguns desses impactos. Devido a isso, o setor da construção civil tem buscado ações que combatam esses impactos e contribuam para a melhoria do setor.

O mesmo autor destaca 4 focos de atuação para uma gestão mais sustentável nos canteiros de obras, são eles:

- Gestão dos resíduos: relaciona as perdas de materiais por entulho, manuseio, destinação de resíduos, entre outros;
- Incômodos à comunidade e poluição: compreende emissão de ruídos, emissão de vibração, emissão de gases poluentes na atmosfera e material particulado no ar;

- Gestão dos recursos: Compreende consumo racional de água e energia;
- Infraestrutura de canteiros: Envolve a circulação de materiais, pessoas e equipamentos, bem como o correto manuseio e armazenamento dos materiais, etc.

Apesar dos impactos ambientais causados pela construção civil, não se pode conceber a sociedade sobreviver sem os benefícios oferecidos por este setor. Desse modo, tanto as empresas construtoras, quanto as prestadoras de serviços, devem contribuir para minimizar os desperdícios registrados nas obras, trazendo como consequência uma diminuição dos impactos ambientais e finalmente uma obra mais sustentável (PAZ, 2014).

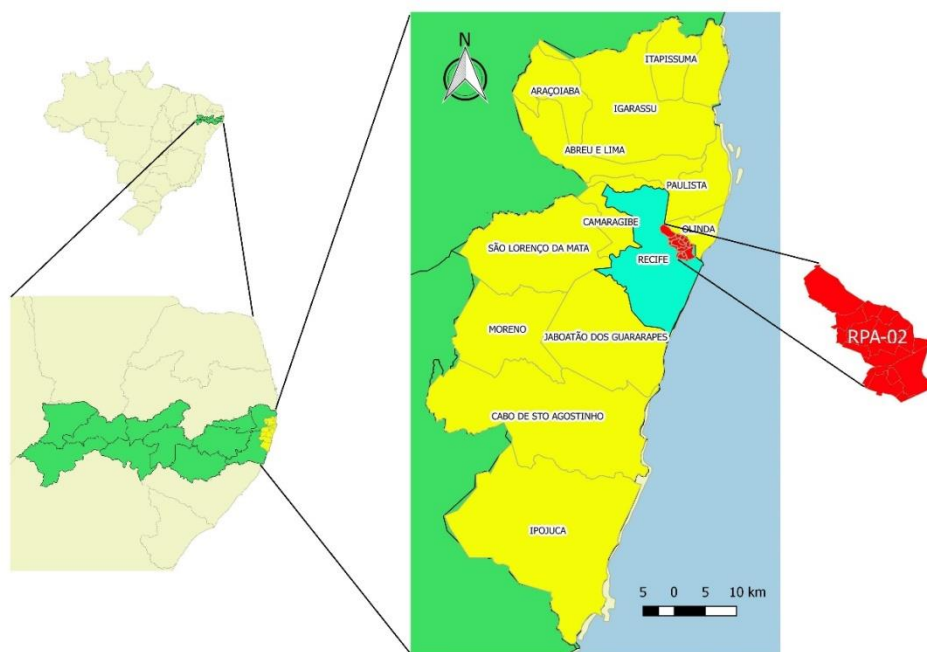
A fim de contribuir com a identificação destes pontos, pretende-se, nesta pesquisa, realizar um mapeamento e verificar os impactos resultantes da disposição irregular de RCD na Região Político Administrativa 2 (RPA 2) da cidade do Recife, como esses impactos afetam o meio físico, biótico e antrópico e que ações o município deve tomar para impedir essas deposições irregulares de RCD.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

A cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, possui área de 218,50 km² e população residente de 1.537.704 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010). Composta por 94 bairros, agrupados em seis diferentes Regiões Político Administrativas (RPA), limita-se ao norte com as cidades de Olinda e Paulista, ao sul com Jaboatão dos Guararapes, a oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe, e a leste com o Oceano Atlântico. A RPA 2 (Figura 1) foi escolhida como local de estudo por apresentar a maior densidade demográfica entre as demais RPA do Recife, com 149,48 habitantes por hectare segundo dados do IBGE (2010).

Figura 1: Localização da Região Político-Administrativa 2 da cidade do Recife-PE.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir da base de dados da Prefeitura do Recife (2017)

Levantamento de dados secundários

Para elaboração desta pesquisa, foi realizada, inicialmente, a determinação da quantidade de pontos de deposição irregular de RCD a serem observados na RPA 2. Para esta análise, considerou-se a quantidade total de pontos de deposição irregular de RCD verificados na cidade do Recife associada ao número de habitantes residentes no município. Assim, obteve-se o número de pontos a serem pesquisados em cada RPA através da relação com o número de habitantes, obtidos através de dados do IBGE (2010). O número total de pontos de deposição irregular de RCD foi fornecido pela Gerência Operacional de Fiscalização (GOFI), parte da Empresa Municipal de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB), e equivale a 462 pontos (Tabela 1).

Na presente pesquisa, para uma análise mais completa, foi adotado todo o universo de pontos da RPA 2, 67 pontos. Posteriormente, foi realizada uma vistoria *in situ* dos pontos onde ocorrem as deposições irregulares e as coordenadas geográficas destes pontos foram obtidas com a utilização do GPS da Get Geo com precisão de 2 a 5 metros. Todos os pontos coletados foram registrados fotograficamente com o intuito de comprovar a veracidade da pesquisa. Com a utilização do *software* QGIS, estes pontos foram compilados e importados, gerando um mapa da RPA 2 que identifica suas posições. Na fase de identificação dos impactos ambientais resultantes da deposição irregular de RCD, utilizou-se uma ficha de campo adaptada de Santos (2015) (Quadro 2), onde foram registrados os impactos encontrados em cada ponto, seguindo de uma análise destes impactos no meio físico, antrópico e biótico.

Tabela 1: Pontos de RCD por RPA

RPA	% População Residente	População Residente	Pontos de RCD
RPA 1	5,0%	76.885	23
RPA 2	14,5%	222.967	67
RPA 3	20,0%	307.541	92
RPA 4	18,0%	276.787	83
RPA 5	17,5%	269.098	81
RPA 6	25,0%	384.426	116
TOTAL	100,00%	1.537.704	462

Quadro 2: Ficha de Verificação de Impactos Ambientais.

Impactos ambientais		Características	Presente	Ausente
Meio Físico	Meio Terrestre	Alteração das propriedades físicas do solo		
		Contaminação química do solo		
		Indução a processos erosivos		
	Meio Aquático	Alteração da qualidade das águas superficiais		
		Assoreamento de áreas alagadas		
		Alteração do regime de escoamento		
Meio Antrópico	População	Alteração paisagística		
		Alteração das condições sanitárias		
		Incômodo para a comunidade		
		Alteração de trafego nas vias locais		
	Economia	Aumento do volume em aterros de resíduos		
		Aumento de despesas do município		
		Interferências na drenagem urbana		
Meio Biótico		Interferências na fauna		
		Interferências na flora		

Fonte: Adaptado de Santos (2015)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados todos os pontos de deposição irregular de RCD do RPA-2, 67 pontos. Destes, 5 se encontram no bairro de Água Fria, 10 no Arruda, 2 em Beberibe, 3 em Bomba do Hemetério, 3 no bairro de Cajueiro, 13 em Campo Grande, 6 em Dois Unidos, 5 no bairro da Encruzilhada, 3 em Fundão, 4 no Hipódromo, 2 no bairro da Linha do Tiro, 6 em Ponto de Parada, 2 no Porto da Madeira, 1 no Rosarinho e 2 no Torreão (Figura 2). O bairro com a maior concentração de pontos irregulares foi Campo Grande, com 13 pontos. Nos bairros de Peixinhos, Campina do Barreto e Alto Santa Terezinha nenhum ponto de deposição irregular de RCD foi identificado (Figura 3).

Figura 2: Pontos de RCD nos Bairros da RPA 2

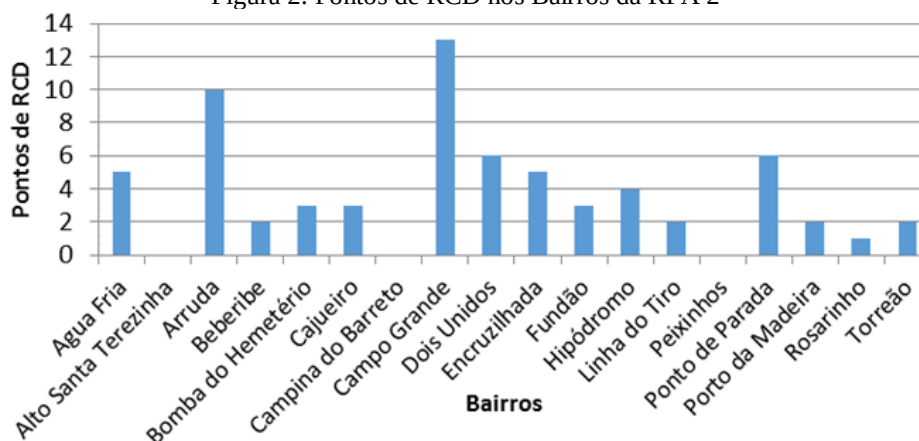
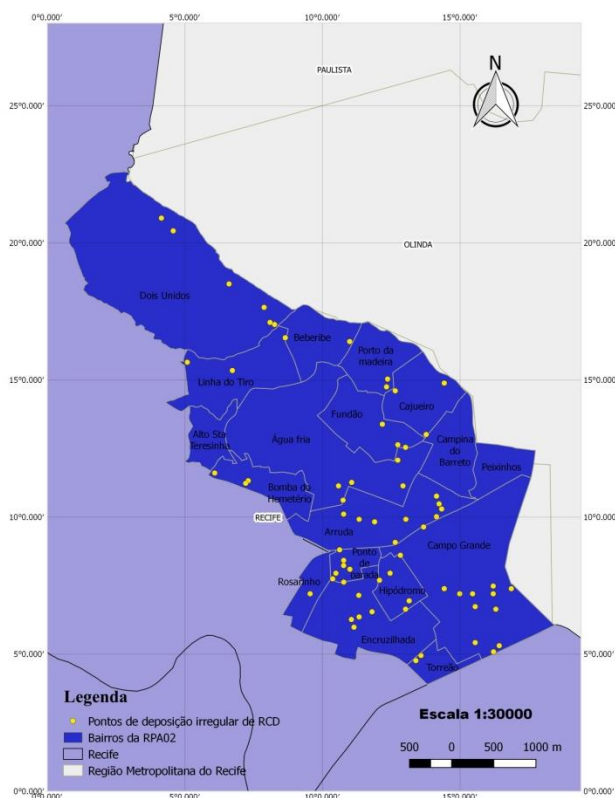
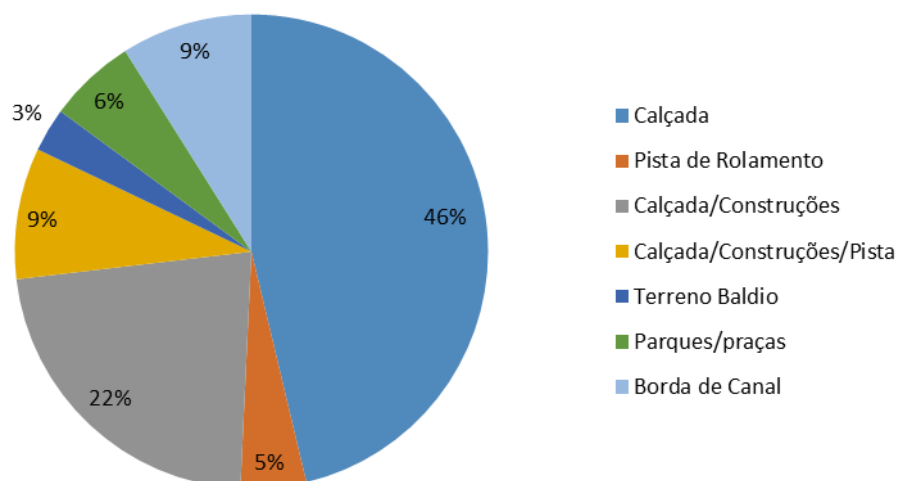


Figura 3: Localização da deposição irregular de RCD nos Bairros da RPA 2, Recife – PE



Durante a coleta de dados em campo, foi feita a verificação do percentual dos locais em que ocorriam as disposições irregulares de RCD (Figura 4). Através desta verificação, foi possível analisar uma maior incidência de depósitos irregulares de RCD em calçadas, com 46% das ocorrências, seguido de deposições que envolvem calçadas / construções com 22%, e por calçadas/construções/pista e bordas de canal, ambas com 9%. É importante destacar que os locais menos afetados com as deposições irregulares foram os terrenos baldios, com 3% de ocorrência, devido à pequena disponibilidade de terrenos vazios na região, que tem um elevado adensamento urbano. Albuquerque (2015) também encontrou pontos com maior número de deposição de RCD em calçadas e as vias públicas, seguido de proximidades de cursos d'água como áreas de proteção e unidades de conservação. No entanto, nas pesquisas de Santos (2015) e Freitas (2009), a maioria dos pontos de RCD foram encontrados em lotes vagos, seguido de vias com pavimentação de asfalto como áreas públicas.

Figura 4: Localização dos Pontos de RCD



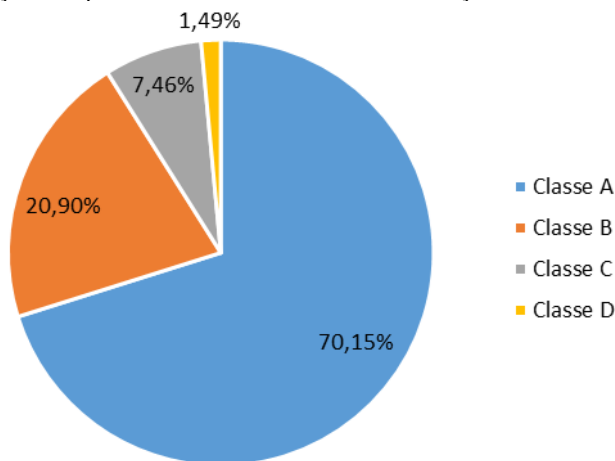
Os resultados indicam que os depósitos de resíduos em calçadas, independentemente do tempo de sua disposição, volume ou origem, representam 77% das deposições irregulares na RPA 2, e também representam uma porcentagem importante em outras pesquisas. Os prejuízos para a sociedade são enormes, pois afetam a mobilidade do trânsito local, impedem o escoamento superficial das águas, contribuem para o assoreamento dos coletores de águas pluviais com a consequente perda de seção transversal, favorecendo, de maneira indireta, para os alagamentos na cidade do Recife – PE, além do risco para os pedestres ao transitar pela via. Um ponto de depósito irregular de RCD em calçada e pista de rolamento.

Figura 5: Depósito de RCD em calçada e pista de rolamento



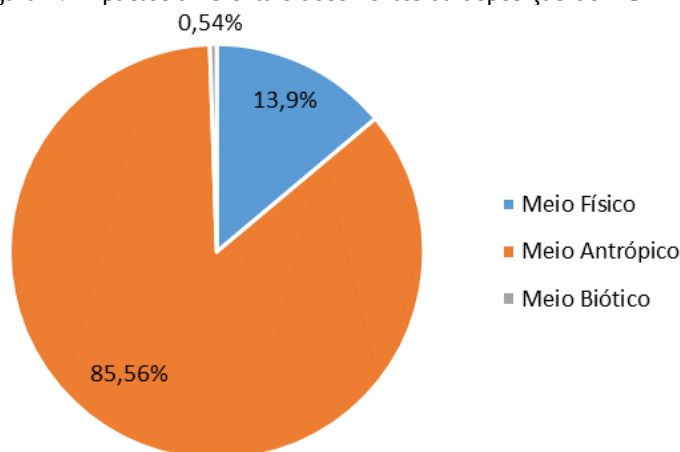
A classificação dos pontos de RCD segundo a Resolução N° 307 (CONAMA, 2002) (Figura 6) mostra que há uma maior quantidade de resíduos classe A, com 70,15%, sobre as demais classes; cabe ressaltar que estes resíduos têm elevado potencial de reaproveitamento, desde a aplicação em sub-bases de pavimentos até a confecção de concretos com finalidades não estruturais. Os resíduos das classes B e C somaram, respectivamente, 20,90% e 7,46%, e os resíduos classe D com apenas 1,49% do total identificado nas obras.

Figura 6: Classificação dos pontos de RCD de acordo a Resolução N°307/02 (CONAMA, 2002)



Os resultados concordam com os obtidos por vários autores (PAZ; LAFAYETTE, 2016; MELO; FERREIRA; COSTA, 2013; MARQUES; OLIVEIRA, PICANÇO, 2013), que indicam que a maior parte dos RCD tem elevado potencial de reciclagem para poder ser novamente utilizados e desta forma reduzir os impactos gerados ao meio ambiente. Os impactos ambientais foram analisados no meio físico, biótico e antrópico segundo adaptação do método desenvolvido por Santos (2015). Os resultados obtidos (Figura 7), indicaram que dos 67 pontos coletados, os impactos mais frequentes se dão sobre o meio antrópico, com 85,56% de ocorrência, afetando as populações e contribuindo para o aumento dos gastos públicos. Albuquerque (2015) também indica que o maior impacto do RCD se dá no meio antrópico influenciando diretamente as áreas afetadas e o entorno próximo.

Figura 7: Impactos ambientais decorrentes da deposição de RCD



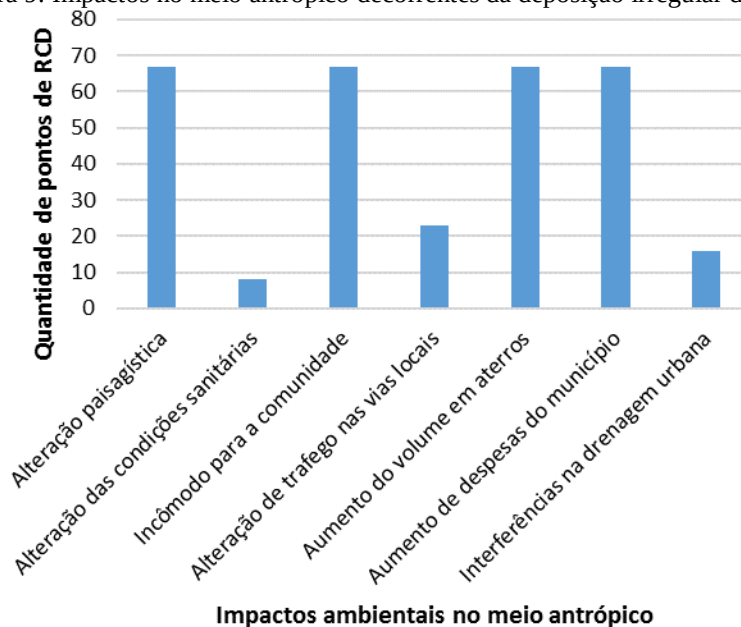
O meio físico apresenta a segunda maior frequência, correspondendo a 13,90% dos pontos coletados. Em sua grande maioria, os impactos sobre o meio físico se concentram nas bordas dos canais, criando processos erosivos, contribuindo para o assoreamento e contaminando os solos - inclusive alterando as suas propriedades físicas -. Um exemplo é ilustrado na (Figura 8) onde se verifica uma elevada quantidade de resíduos classe A que foi depositado por grande gerador devido ao seu elevado volume. O meio biótico corresponde a apenas 0,54% dos pontos analisados, provocando destruição da flora e causando poluição do ar.

Figura 8: Depósito de RCD às margens do canal bairro do Arruda



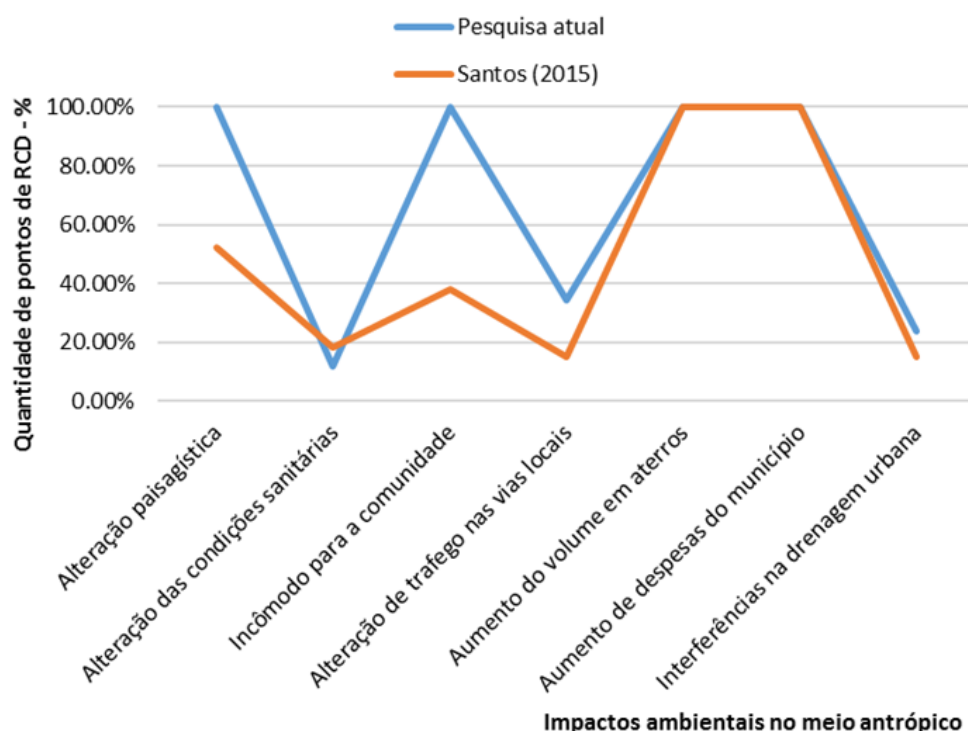
Através dos estudos dos impactos ambientais provenientes do meio antrópico, foi possível verificar que dos 67 pontos de RCD coletados, 100% deles geram incômodo para as comunidades, alteram a paisagem, contribuem para o aumento de volume de resíduos que são destinados a aterros e consequentemente aumentam as despesas do município. Além disso, 23 pontos provocam alterações no tráfego local, dificultando a mobilidade, provocando congestionamentos e acidentes (Figura 9). Adicionalmente, Carvalho (2016) classifica os impactos causados no meio antrópico da região metropolitana de Recife como reversíveis e de alcance local; no entanto, o autor indica que deposição irregular de RCD colabora ao favorecimento de doenças na população e afeta a qualidade de vida, além de poluição visual e risco de inundação, uma vez que as deposições irregulares de RCD colaboram com o entupimento de redes drenagem de águas pluviais.

Figura 9: Impactos no meio antrópico decorrentes da deposição irregular de RCD



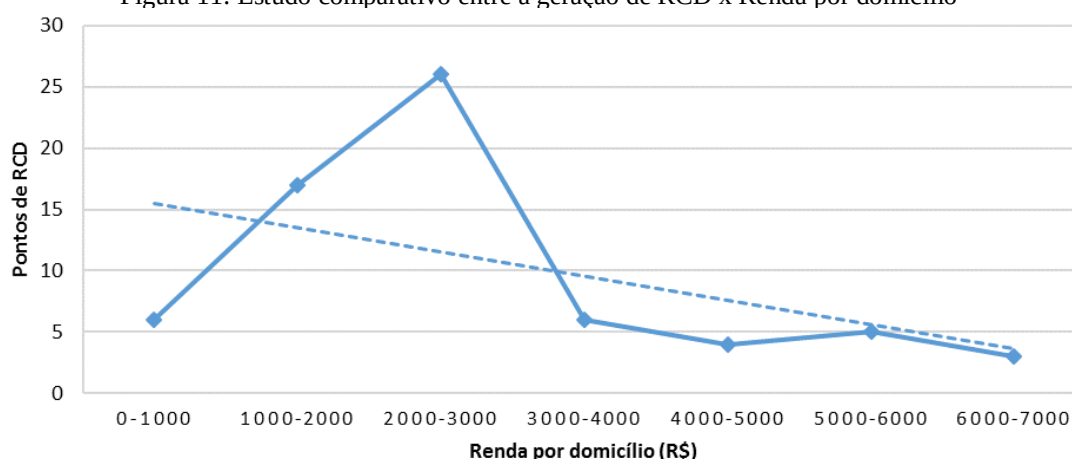
Através da comparação entre o estudo realizado por Santos (2015), que coletou 184 pontos de deposição irregular de RCD na cidade de Jaboatão dos Guararapes – PE, e os 67 pontos observados na RPA 2 da cidade do Recife apresentados neste trabalho (Figura 10), foi possível analisar algumas semelhanças entre os resultados obtidos nos dois estudos, tais quais o comportamento dos gráficos e o aumento do volume de geração de resíduos e das despesas do município com a sua gestão em 100% dos casos de ocorrência de deposição de RCD em áreas impróprias.

Figura 10: Estudo comparativo dos Impactos ambientais no meio antrópico



A análise da relação entre a geração de RCD com a renda domiciliar da RPA 2 (Figura 11) permite constatar que a classe considerada de baixa renda contribui pouco com a geração de resíduos de construção, sobretudo pelo baixo poder de consumo de bens e serviços; a classe média demonstra um elevado índice de geração de resíduos, o que se deve ao aumento significativo desta população nos últimos anos e ao maior poder de consumo; e a classe alta demonstra uma contribuição mais uniforme e reduzida na geração de RCD.

Figura 11: Estudo comparativo entre a geração de RCD x Renda por domicílio



A partir da análise da quantidade de pontos observada por bairro na RPA 2, assim como informações como área, população, número de domicílios e renda por domicílio de cada um dos bairros, obtidas no site da Prefeitura do Recife (2017) (Quadro 3), é possível observar que os bairros com as menores rendas por domicílio apresentam uma pequena taxa de geração de pontos de deposição irregular de RCD por área, a exemplo de Dois Unidos, com cerca de 1,9 pontos por km², e Alto Santa Terezinha e Peixinhos, onde nenhum ponto de RCD foi identificado. Os bairros com as maiores rendas por domicílio e melhores condições de infraestrutura urbana,

como Rosarinho, Torreão e Encruzilhada, apresentam pontos de deposição irregular de RCD, porém não são os que apresentam as maiores quantidades de pontos por domicílio.

Quadro 3: Principais informações dos Bairros da RPA 2

Bairro	Pontos RCD	Área (km ²)	Pontos por km ²	População	Domicílios	Domicílios por ponto	Renda (R\$)
Água Fria	5	1.93	2.6	43529	12294	2459	1190
Alto Santa Terezinha	0	0.31	0.0	7703	2157	2157	922
Arruda	10	1	10.0	14530	4467	447	2235
Beberibe	2	0.49	4.1	8856	2586	1293	1038
Bomba do Hemetério	3	0.43	7.0	8472	2530	843	1346
Cajueiro	3	0.59	5.1	6584	1902	634	2777
Campina do Barreto	0	0.52	0.0	9484	2833	2833	1089
Campo Grande	13	2.22	5.9	32149	9554	735	2132
Dois Unidos	6	3.12	1.9	32805	9374	1562	938
Encruzilhada	5	1.02	4.9	11940	4008	802	5693
Fundão	3	0.62	4.8	8132	2495	832	1610
Hipódromo	4	0.3	13.3	2658	808	202	4804
Linha do Tiro	2	0.82	2.4	14867	4201	2101	1029
Peixinhos	0	0.34	0.0	4998	1383	1383	761
Ponto de Parada	6	0.2	30.0	1554	500	83	3249
Porto da Madeira	2	0.48	4.2	7713	2334	1167	1978
Rosarinho	1	0.25	4.0	4077	1329	1329	6548
Torreão	2	0.16	12.5	1083	368	184	6008

Os resultados obtidos são parecidos com a pesquisa de Albuquerque (2015) na cidade de Recife-PE, que encontrou que um número significativo de pontos de descarte irregular estava em zonas de renda baixa e média, em torno de 2000,0 R\$, indicando que os resultados obtidos na RPA 2, estão em relação com a média da cidade. Já Santos (2015) encontrou que a maior concentração de pontos de RCD na cidade de Jaboatão dos Guararapes/PE se deu em faixas de menor renda (R\$ 0,00 – R\$ 759,00).

CONCLUSÕES

Na RPA 2 do município do Recife, foram observados 67 pontos de deposição irregular destes resíduos, dos quais foram observados impactos sobre o meio antrópico em 85,56% de ocorrência, no meio físico em 13,90% e no meio biótico 0,54%. Sobre o meio antrópico, as maiores incidências estão nas alterações paisagísticas, incômodo para a comunidade, aumento do volume em aterros e, consequentemente, em despesas do município, sendo verificado em 100 % dos pontos. Também foi verificado que os pontos de deposição irregular se concentram, em sua maioria, nas regiões de classe média.

A deposição de RCD é um tema que necessita de grande atenção tanto da gestão pública quanto da própria população. Afinal, mesmo possuindo legislações específicas que garantam a adequada deposição ou reaproveitamento, sua ocorrência irregular é frequentemente observada nos grandes centros, gerando diversos impactos, que reduzem a qualidade de vida da população. A pesquisa demonstrou que mais de 70% dos RCD encontrados têm elevado potencial de reciclagem, contudo não são reaproveitados.

Uma gestão mais adequada e tratamento dos RCD por parte dos municípios pode minimizar a quantidade da deposição irregular e reduzir os impactos ambientais observados. Espera-se também um maior controle da gestão dos RCD nos canteiros de obras, com utilização de empresas transportadoras de RCD cadastradas e regulamentadas para esta finalidade no órgão de fiscalização e controle urbano. É preciso que as construtoras se utilizem e implantem programas de educação ambiental, além de utilizar tecnologias construtivas mais sustentáveis de modo também a reduzir o consumo por recursos naturais.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Daniela Maria Silva de. **Impacto socioambiental da deposição irregular dos Resíduos da Construção e Demolição na cidade do Recife-PE**. 2015. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, 2015.

AMADEI, D. I. B. et al. **A questão dos resíduos de construção civil: um breve estado da arte**. Revista Nupem, Campo Mourão, v. 3, n. 5, p. 185-199, ago./dez. 2011.

BITTENCOURT, M. **Avaliação de aspectos ambientais em canteiro de obras**. 2012. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

CARVALHO, F. A. de. **Avaliação dos riscos e dos impactos ambientais em ocupações precárias em áreas de risco proveniente das tipologias construtivas no município de São Lourenço da Mata-PE**, 2016. 151 f. – Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Recife, 2014.

COMUNIDADE EUROPEIA. Sixth Environmental Action Programme of 2001– 2010 (Sixth EAP). **Environment 2010: Our Future, Our Choice**. European Community, Brussels, Belgium. 2001. 12p.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 307**, de 5 de julho de 2002. Brasília, 2002.

COSTA, R.V.G. **Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de João Pessoa, João Pessoa, 2012.

ESPAÑA. **National Decree 105/2008, February 1, which Regulates the Production and Management of Construction and Demolition Waste**. Ministry of the Presidency, Madrid, Spain, 2008.

ESTADOS UNIDOS. **Construction and Demolition (C&D) Materials Scoping Study: Building Materials Reuse Centers**. Environmental Protection Agency / Office of Resource Conservation and Recovery, October, 2012, 21p.

FREITAS, I. M. **Os resíduos de construção civil no município de Araraquara/SP**. 2009. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, Araraquara, 2009.

GUERRERO, L. A.; MASS, G.; HOGLAND, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste Management**, v. 33, n. 1, p. 220–232, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010: Resultados do universo: características da população e dos domicílios**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 out. 2016.

KATZ, A.; BAUM, H. A novel methodology to estimate the evolution of construction waste in construction sites. **Waste Management**, v. 31, n. 2, p. 353–358, 2011.

LI, Y.; ZHANG, X. Web-based construction waste estimation system for building construction projects. **Automation in Construction**, v. 35, p. 142–156, 2013.

LIMA, C.S.T. **caracterização tecnológica de resíduos de escavação de estaca tipo hélice contínua para uso em pavimentação**. 2016. Dissertação de Mestrado – Universidade de Pernambuco. Recife, 2016.

MAGALHÃES, R. F.; DANILEVICZ, A. M. F; SAURIN, T. A. Reducing construction waste: A study of urban infrastructure projects. **Waste Management**, v. 67, p. 265-277, 2017.

MÁLIA, M.; BRITO, J.; PINHEIRO, M.; BRAVO, M. Construction and demolition waste indicators. **Waste Management & Research**, v. 31, n. 3, p. 241–255, 2013.

MARTINS, F. G. **Gestão e gerenciamento de resíduos da construção civil em obras de grande porte – Estudo de caso**. 2012. 186 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2012.

MARQUES, O. B; OLIVEIRA, R. M. S; PICANÇO, A. P. resíduos de construção civil: geração e alternativas para reciclagem em um canteiro de obras de pequeno porte. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 10, n. 2, p. 143-156, mar./abr. 2013.

MELO, A. V. S.; FERREIRA, E. A. M.; COSTA, D. B. Fatores críticos para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de rcc da região nordeste do Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 99-115, jul./set. 2013

MENDIS, D.; HEWAGE, K. H.; WRZESNIEWSKI, J. Reduction of construction wastes by improving construction contract management: A multinational evaluation. **Waste Management & Research**, v. 31, n. 10, p. 1062–1069, 2013.

PACHECO, T. C. **Diagnóstico da gestão de resíduos na construção civil: comparação de obras no Rio de Janeiro visando a certificação LEED e obras sem certificação**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; GRAUDENZ, G. S. **Destinação irregular de resíduos de construção e demolição (RCC) e seus impactos na saúde coletiva**. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 6, n. 1, p. 127-142, 2012.

PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, K. P. V. Forecasting of construction and demolition waste in Brazil. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 8, p. 708-716, 2016.

PAZ, D. H. F. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil em canteiros de obras de edificações urbanas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Recife, 2014.

POON, C. S.; YU T.W. A.; L. JAILLON. Reducing building waste at construction sites in Hong Kong. **Construction Management and Economics**, v. 22, n. 5, p. 461-470, 2004.

PREFEITURA DE RECIFE. **Sobre a RPA 2**. Disponível em <<http://www2.recife.pe.gov.br/servico/sobre-rpa-2>>. Acesso em: 24 out. 2017.

REINO UNIDO. **Code for Sustainable Homes**. The Department for Communities and Local Government, London, United Kingdom, 2008, 302p.

RODRIGUES, C. B. **Blocos de concreto produzidos com agregados reciclados mistos: avaliação das propriedades físicas, mecânicas e térmicas**. 2015. 141p. Dissertação (Mestrado). Universidade de Pernambuco. 2015.

SANTOS, Daiany Silva dos. **Diagnóstico da Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição e seus Impactos Ambientais no Município de Jaboatão dos Guararapes/PE**. 2015. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, 2015.

TAM, V. W. Y.; LI, J.; CAI, H. System dynamic modeling on construction waste management in Shenzhen, China. **Waste Management & Research**, v. 32, n. 5, p. 441–453, 2014.

VIEIRA, C. R. **Análise da geração dos resíduos da construção civil, consumos de água e energia nos canteiros de obra da cidade do Recife – PE**. 2018. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Recife, 2018.

WU, Z.; YU, A. T. W.; SHEN, L. Investigating the determinants of contractor's construction and demolition waste management behavior in Mainland China. **Waste Management**, v. 60, p. 290-300, 2017.

4.11. DESENVOLVIMENTO DE UM SIG PARA MONITORAMENTO DA DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM RECIFE - PE

PAZ, Diogo Henrique Fernandes da
Instituto Federal de Pernambuco
diogo.paz@cabo.ifpe.edu.br

HOLANDA, Maria Júlia de Oliveira
UFPE
mariajuliaholanda@gmail.com

LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz
Universidade de Pernambuco
klafayette@poli.br

SOBRAL, Maria do Carmo Martins
UFPE
msobral@ufpe.br

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um Sistema de Informações Geográficas (SIG) como auxílio ao monitoramento da deposição irregular de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) na cidade do Recife/PE, e propor locais para instalação de novas Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV). Primeiramente, foi realizado um mapeamento dos pontos de deposição irregular de RCD nos bairros da cidade. Os dados foram plotados em planilha eletrônica e importados para o *software* QGIS. Posteriormente, foram propostos locais adequados à instalação de novas ecoestações para a cidade do Recife, além das que já existem. Ao todo foram mapeados 565 pontos de deposição, observando-se em 92% dos pontos a existência de resíduos classe A. A metade dos pontos foram classificados como de médio porte. Foram propostas 20 novas ecoestações para a cidade, localizadas utilizando-se as ferramentas de geoprocessamento. Conclui-se que o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) proporcionou uma análise mais consistentes dos pontos e propor soluções a curto prazo para a gestão de RCD.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, Gestão de resíduos, Ecoestações.

INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas enfrentados nas áreas urbanas é a geração de resíduos da construção e demolição (RCD), e a destinação inadequada destes (SEROR et al., 2014; MAH et al., 2016; LU et al., 2017; ESA et al., 2017), o que ocasiona uma série de impactos ambientais (ZHENG et al., 2017; RODRIGUES, 2017), principalmente nos países em desenvolvimento (CHANAKYA et al., 2017). Nos municípios brasileiros, ainda é corrente a presença intensa e dispersa da deposição clandestina de RCD e outros resíduos (MELO; ALENCAR, 2018), notadamente os volumosos, que causam danos ao meio ambiente, à sociedade e ao poder público. A maioria dos pontos de deposição de RCD nas cidades são provenientes das pequenas construções, informais e, muitas vezes, irregulares. Por outro lado, conforme aponta Zainun e Othman (2015), muitas construtoras (grandes geradores) preferem reduzir seus custos com a gestão de RCD ao dispor em áreas ilegais ao invés das áreas adequadas, devido à distância do canteiro de obras.

A inexistência de políticas públicas que facilitem a fiscalização da coleta e destinação desses resíduos favorece o surgimento de vários pontos de deposição irregular de RCD predominantemente nas áreas mais periféricas da cidade, aumentando os gastos públicos para uma gestão corretiva (HOLANDA et al., 2018). A partir do estabelecimento da Resolução do Conama nº 307/2002, foram definidos os critérios para elaboração dos Planos de Gerenciamento Integrado de RCD. Dentre estes se encontra a proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas (Art. 6º, Inciso IV), bem como o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, com conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento (Art. 6º, Inciso II) (CONAMA, 2002).

O mapeamento e monitoramento da deposição irregular de RCD, portanto, permite a realização de ações corretivas e preventivas. Aliado a isso, facilita o entendimento do fluxo de disposição de resíduos provenientes de pequenos geradores, e localização de possíveis áreas aptas à instalação de Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV), para triagem, coleta e destinação final adequada dos resíduos. Para Klein e Gonçalves-Dias (2017), o uso das URPV é um importante avanço como ferramenta integrante da gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU), ao permitir que qualquer indivíduo possa descartar os resíduos de forma ambientalmente correta (WU et al., 2016; WON et al., 2016; RAM et al., 2017; PASSOS et al., 2018). Porém, é preciso que haja um planejamento adequado dos locais onde serão instalados, pois questões como distância, topografia, localização e formas de transporte poderão limitar o uso desses equipamentos.

Uma das ferramentas de auxílio à gestão diferenciada de RCD no município é a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os SIG são sistemas automatizados utilizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la (COSTA et al., 2013). Neste sentido, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um SIG como auxílio ao monitoramento da deposição irregular de RCD na cidade do Recife/PE, e propor locais para instalação de novas URPV.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

O município de Recife limita-se com os municípios de Camaragibe, Jaboatão dos Guararapes, Paulista, Olinda e São Lourenço da Mata. Possui uma população de 1.625.583 habitantes (IBGE, 2017), área de 217,49 km² e densidade demográfica de 7.051,17 hab./km². Os

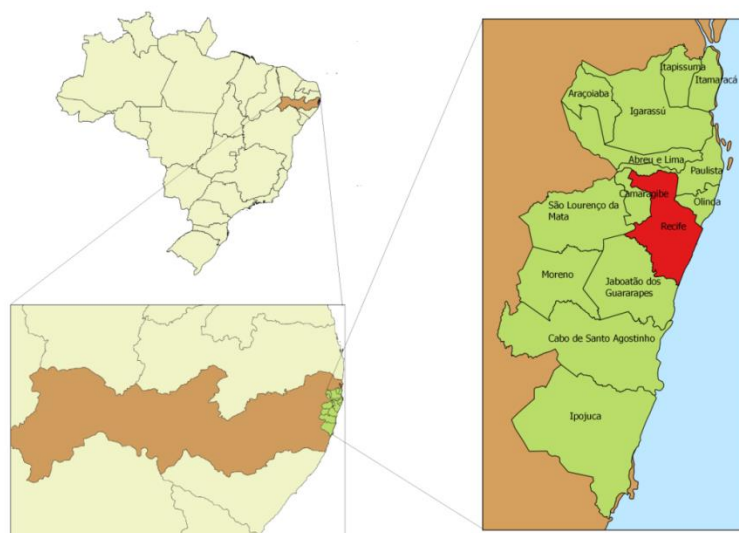
bairros mais populosos são Boa Viagem (100.388 hab), Casa Amarela (69.134 hab) e Várzea (64.512 hab) (PMRS, 2012).

De acordo com Albuquerque (2015), a cidade do Recife está dividida em seis Regiões Político-administrativas: RPA 1 (Centro), RPA 2 (Norte), RPA 3 (Noroeste), RPA 4 (Oeste), RPA 5 (Sudoeste), e RPA 6 (Sul). Cada RPA é subdividida em três microrregiões que reúnem um ou mais dos seus 94 bairros. A localização da cidade do Recife/PE (Figura 1).

O órgão responsável pela gestão municipal de RCD na Cidade do Recife é a Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB), o qual atua como órgão fiscalizador dos grandes geradores de RCD. Para os pequenos geradores, a EMLURB conta com duas empresas privadas responsáveis pela limpeza urbana da cidade: a Cael Engenharia e a Vital Engenharia Ambiental. Os resíduos coletados nas ruas são destinados ao aterro sanitário privado CTR Candeias, o qual é britado e reutilizado no próprio local.

Quanto à legislação ambiental, a cidade possui a Lei nº 17.072/2005, que estabelece as diretrizes para a gestão de RCD, que regulamenta a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), necessária para obtenção da licença de instalação do empreendimento.

Figura 1. Localização da cidade do Recife.



Além disso, mais recentemente, foi estabelecido o Decreto nº 27.399/2013, que regulamenta as unidades de recebimento de resíduos sólidos oriundos de pequenos geradores, que em Recife são chamadas de Ecoestações. Atualmente, existem 9 ecoestações implantadas e em funcionamento.

Desenvolvimento do SIG

Para o desenvolvimento do SIG, tem-se como primeira etapa a aquisição e gerenciamento do banco de dados geográficos. Neste sentido, inicialmente foi realizada uma pesquisa de campo para localização dos pontos de deposição irregular de RCD nos bairros da cidade do Recife. O mapeamento foi realizado de forma aleatória, buscando percorrer a maior quantidade de ruas possível, tendo ainda o auxílio de imagens da ferramenta *streetview* do *software Google Earth*, do mesmo período onde foi realizada a pesquisa.

Com a localização dos pontos de deposição irregular, foram registradas as coordenadas geográficas com um aparelho de GPS (Global Positioning System), plotando os pontos através da

utilização do programa Google Earth, e foi realizada uma classificação das áreas de acordo com os tipos de resíduos (Classe A, B, C ou D da Resolução CONAMA nº 307/2002), sua localização em cada bairro, número de habitantes, tipo de pavimentação existente, vegetação, entre outros, baseando-se na pesquisa de Albuquerque (2015).

Na segunda etapa utilizou-se o *software* livre QGIS 2.8.1 para o desenvolvimento do SIG, onde os dados referentes aos pontos de deposição (coordenadas, entorno, porte, tipos e classes de resíduos) foram plotados. Foi realizada ainda uma comparação com as características socioeconômicas de cada bairro e RPA, como população, domicílios particulares permanentes e renda média, de forma a correlacionar os pontos de deposição com as características da área.

A partir da análise da relação dos pontos cadastrados com as características da região, verificou-se a necessidade de instalação de novas Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV) em Recife, chamadas de Ecoestações, para triagem e acondicionamento dos resíduos advindos dos pequenos geradores. As URPV e suas bacias de captação (área de abrangência das unidades de recebimento) são dimensionadas e localizadas a partir do cadastramento dos pontos de deposição irregular de RCD no município e da caracterização dos agentes coletores (SCREMIN, 2007), pois os locais escolhidos devem ser próximos ou no próprio local já utilizado pela população para descarte destes materiais.

De acordo com Scremin (2007), a bacia de captação deve ter dimensões que possibilitem o deslocamento dos pequenos geradores, de seu perímetro até o local de recebimento (1,5 a 2,5 km de raio) onde, sempre que possível, devem estar localizados próximos do centro geométrico da “Bacia de captação”. A bacia é delimitada de acordo com a topografia e as limitações de acesso da região, pois os caminhões coletores devem ter seu deslocamento facilitado quando estiverem carregados, de forma que não existam barreiras naturais que impeçam ou dificultem o acesso à URPV.

Para estimar a quantidade mínima de pontos de recebimento de pequenos volumes, foi utilizado o método de Scremin (2007), onde o cálculo é realizado em função da área urbana (A_u) do município e do raio de abrangência (RAB), que é definido em função da topografia local (plana - RAB = 1,5 km; ondulada - RAB = 2,0 km; acidentada - RAB = 2,5 km). A estimativa do número de áreas de pequeno volume é calculada de acordo com a Equação 1.

$$N_{URPV} = \frac{A_u}{(\pi \times R_{ab}^2)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: N_{URPV} : número de pontos de entrega voluntária;
 A_u : área urbana do município;
 R_{ab} : raio de abrangência do PEV.

A partir da definição da quantidade mínima, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento na escolha das áreas mais aptas para instalação das URPV. Para isso, utilizou-se a metodologia adaptada de Ornelas (2011). Os locais para instalação das URPV devem estar dentro do perímetro urbano do município e o mais próximo possível dos pontos de deposição irregular de RCD.

Inicialmente, foram identificados os lotes vazios na cidade do Recife, pois geralmente são as áreas escolhidas pela população para o descarte ilegal de resíduos. A partir deste levantamento, foi realizada uma análise espacial dos pontos de deposição irregular cadastrados no mapeamento realizado na etapa anterior. Para cada ponto de deposição, foi criado um buffer (área de entorno) de 200m, para identificar as áreas mais próximas que seriam aptas para receberem as URPV. Além disso, considerou-se como áreas mais adequadas aquelas que possuem as maiores concentrações de pontos de deposição irregular, onde foi calculada a superfície de densidades de Kernel, sendo estabelecidas cinco classes de aptidão das áreas para implantação das URPV. As classes atribuídas foram: nula, baixa, média, alta e muito alta.

Para determinar a área necessária para cada ecoestação proposta, foi estimado o número de habitantes abrangido pelas bacias de captação, a partir dos dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) em cada setor censitário, e a geração de RCD proveniente dos pequenos geradores, calculado a partir dos dados de RSU fornecidos pela Emlurb acerca da destinação dos RSU em aterro sanitário, entre os anos de 2012 a 2016. A partir desses critérios, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento para criação de buffers para delimitação das bacias de captação.

RESULTADOS

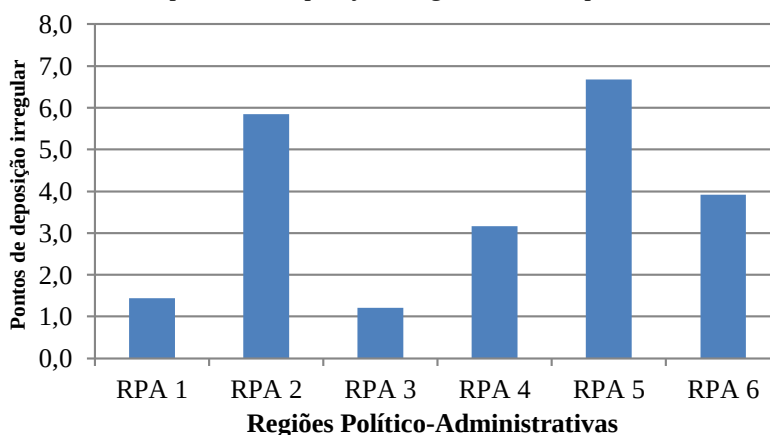
A coleta de dados registrou um total de 565 pontos de deposição irregular de RCD, espalhados pelas 6 RPA. Para cada ponto foi realizado o cadastro, de acordo com a Região Político-Administrativa (RPA) (Tabela 1), e foi realizada a análise dos pontos mapeados por km² de cada RPA (Figura 2).

Tabela 1. Quantidade de pontos de deposição irregular de RCD mapeados na cidade do Recife/PE.

Região	População (hab) 2010¹	Área urbanizada (km²)	Pontos de deposição irregular
RPA 1	78.114	11,0	24
RPA 2	221.234	13,9	84
RPA 3	289.014	23,5	92
RPA 4	278.947	23,2	131
RPA 5	263.778	19,1	116
RPA 6	382.650	29,9	118
TOTAL	1.513.737	120,6	565

¹ Dados provenientes do Censo do IBGE (2010)

Figura 2. Quantidade de pontos de deposição irregular de RCD por km² nas RPA de Recife.



A amostra da quantidade mínima de pontos de deposição irregular de RCD calculado por Albuquerque (2015) foi de 184 pontos, considerando uma margem de erro de 10%, enquanto que a quantidade mínima de pontos para uma margem de erro de 5% foi de 345 pontos, demonstrando que a quantidade mapeada nesta pesquisa é bastante significativa.

A partir da planilha eletrônica elaborada contendo a tabulação dos dados, os pontos de deposição de RCD foram inseridos no QGIS, criando-se uma tabela de atributos e gerando uma camada do tipo *shapefile* (arquivo vetorial), com todas as informações relacionadas ao local onde o ponto se localizava (Figura 3).

Analisou-se ainda a relação entre os pontos de deposição irregular identificados com a área de cada RPA, nº de habitantes, nº de domicílios particulares permanentes e renda média familiar (Tabela 2).

Figura 3. Localização dos pontos de deposição irregular de RCD em Recife.

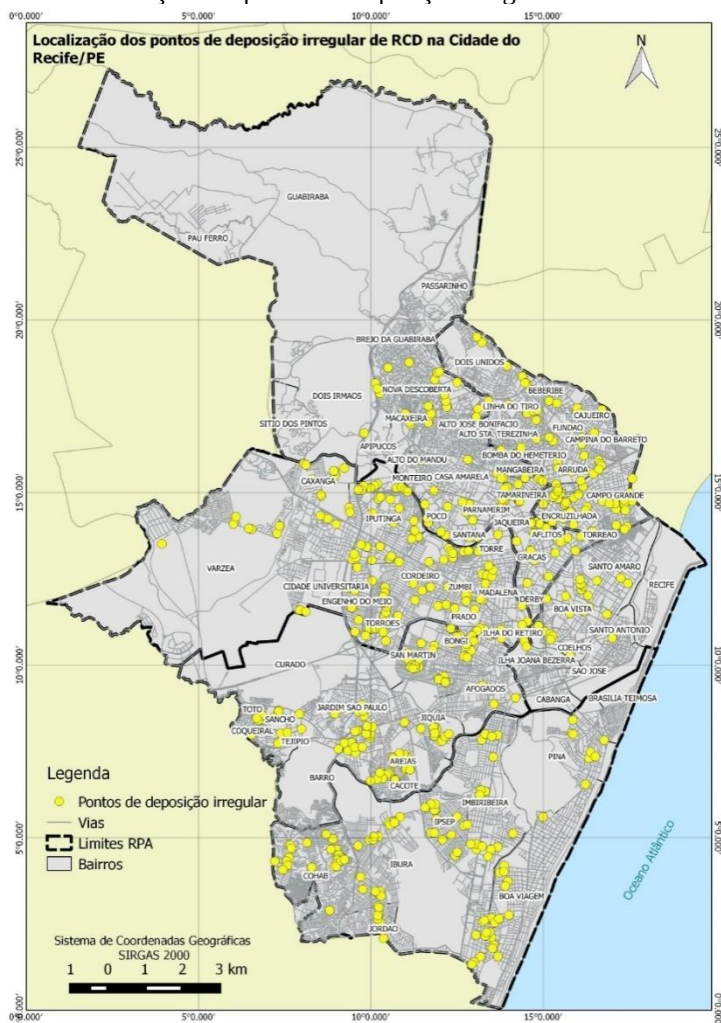


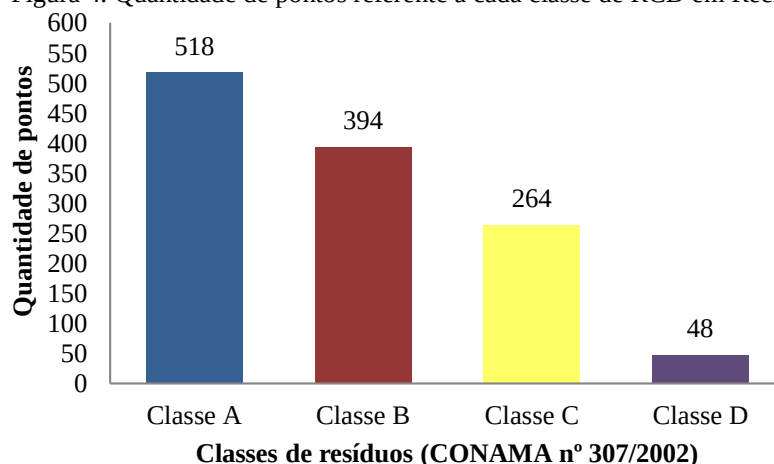
Tabela 2. Pontos de deposição irregular, e sua relação com as características socioeconômicas das RPAs.

RPA	Área urbanizada (km ²)	Domicílios	Renda média (R\$)	Pontos críticos	Pontos/km ²	Domicílios/Pontos
RPA 1	11,0	25.505	1.615	24	2,18	1063
RPA 2	13,9	64.943	1.791	84	6,04	773
RPA 3	23,5	88.928	3.518	92	3,91	967
RPA 4	23,2	86.566	1.651	131	5,65	661
RPA 5	19,1	78.407	1.106	116	6,07	676
RPA 6	29,9	120.484	1.643	118	3,95	1021
SOMA	120,6	464.833	-	565	-	-

Foi encontrada uma maior concentração de pontos na RPA 5, com 6,07 pontos/km², com 116 pontos cadastrados, onde se localizam bairros bastante populosos, como Afogados (36.265 habitantes), Barro (31.847 habitantes) e Jardim São Paulo (31.648 habitantes), que estão entre 15 bairros mais populosos do Recife, segundo o Censo de 2010 do IBGE. Realizou-se ainda uma análise dos tipos de materiais e classes de resíduos cadastrados, bem como o tamanho das pilhas

de deposição irregular. A quantidade de pontos contendo cada classe de RCD, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002 (Figura 4).

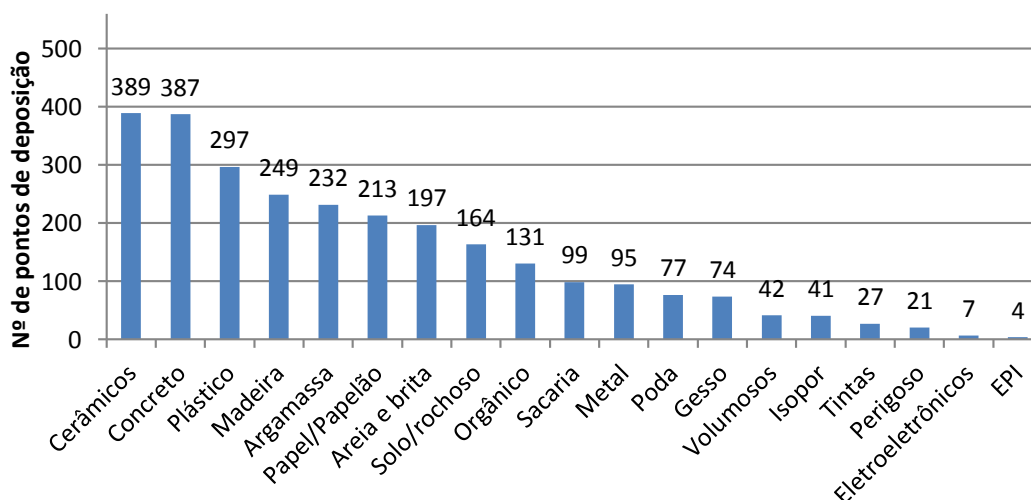
Figura 4. Quantidade de pontos referente a cada classe de RCD em Recife.



Verificou-se que 92% dos pontos de deposição irregular de resíduos possuem resíduos Classe A, como concreto, argamassa, tijolos, cerâmica, etc, o que se relaciona ao fato de que cerca de 87% do volume de RCD gerado nas obras são Classe A (PAZ, 2014). Estes resíduos podem ser reciclados como agregados para serem reutilizados na construção civil. Em relação aos resíduos Classe B, observou-se que 70% do total de pontos possuíam resíduos como madeira, metal, papel, papelão ou sacos de cimento, considerados resíduos recicláveis para outras destinações. Além disso, foram encontrados em 47% dos pontos, resíduos considerados como não recicláveis. Neste caso, os materiais que estavam contaminados com outros tipos de resíduos, como os orgânicos, que inviabilizasse a reciclagem, foram considerados como Classe C. E em apenas 8% dos pontos foram encontrados resíduos classe D, como as tintas e solventes.

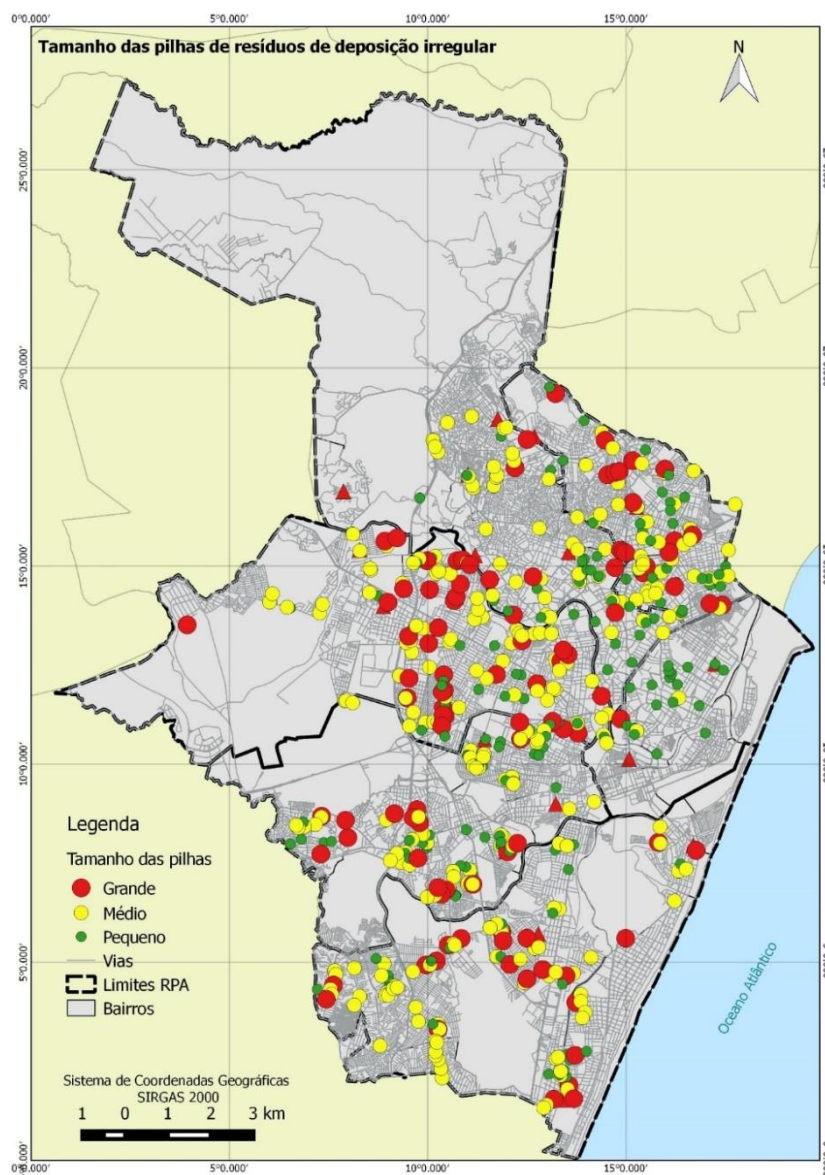
Quanto à análise por tipos de materiais encontrados nos pontos de RCD cadastrados em Recife (Figura 5), observou-se que os materiais cerâmicos são o tipo de material mais preponderante nos pontos de deposição irregular, com 69%, seguido do concreto (68%), plástico (53%), madeira (44%) e argamassa (41%).

Figura 5. Quantidade de pontos de deposição irregular contendo cada tipo de material.



Em relação à análise do porte dos pontos de deposição irregulares por observação direta (Figura 6), foram considerados pontos pequenos aqueles advindos de pequenos geradores, ou seja, que geram menos de 1 m³/dia de resíduos (RECIFE, 2013), sendo de responsabilidade da prefeitura a coleta. Os pontos de tamanho médio são aqueles que preenchem uma caçamba estacionária de 6 m³, enquanto que os pontos de tamanho grande são aqueles que precisam de mais de uma caçamba estacionária para serem coletados, sendo geralmente os pontos localizados em terrenos baldios.

Figura 6. Localização dos pontos de deposição irregular de RCD de acordo com o porte.



Verificou-se, portanto, que metade dos pontos encontrados (276 pontos) são de porte médio, ou seja, passíveis de serem coletados por uma caçamba, enquanto que 101 pontos são considerados de grande porte, e são prioritários para serem coletados pela prefeitura. Como a cidade do Recife ainda não possui uma estrutura adequada que favoreça o gerenciamento correto dos resíduos, como ATT, usinas de beneficiamento e aterros de inertes, muitas construtoras utilizam o descarte irregular como solução mais simples e barata do que transportar os resíduos para uma destinação adequada.

Observa-se que devido à falta de um programa de fiscalização efetiva das obras, muitos geradores acabam descartando os resíduos em terrenos baldios e margens de rios. Por outro lado, verificou-se também em áreas menos nobres pontos de deposição irregular proveniente de pequenos geradores, cujos resíduos vão se acumulando ao longo do tempo, pela inexistência de estrutura de coleta regular das prefeituras, apesar do esforço destas em sensibilizar a população quanto a proibição do descarte incorreto dos RCD. Constata-se nesses locais uma grande quantidade de resíduos mistos, principalmente resíduos orgânicos e poda, o que diferencia dos resíduos provenientes dos grandes geradores.

A partir dos resultados obtidos com o mapeamento da deposição irregular, foram utilizadas as ferramentas do software QGIS para propor áreas para instalação de URPV em Recife, considerando-se os critérios de quantidade de pontos cadastrados, dimensão das áreas urbanas, e disponibilidade de terreno para a construção (LAFAYETTE, 2016).

A cidade do Recife possui atualmente 9 ecoestações instaladas em pontos estratégicos da cidade, onde são recebidos resíduos da construção, resíduos recicláveis, resíduos orgânicos e volumosos. O modelo atual utilizado pela Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (EMLURB) da cidade do Recife foi implantado a partir da promulgação do Decreto Municipal nº 27.399/2013, cuja estrutura está de acordo com o recomendado pela NBR 15.112/2004 (ABNT, 2004). Como a quantidade de ecoestações é considerada incipiente para a dimensão da área urbana da cidade, foram propostas 20 novas ecoestações espalhadas pelas RPA de Recife, totalizando uma rede de 29 ecoestações.

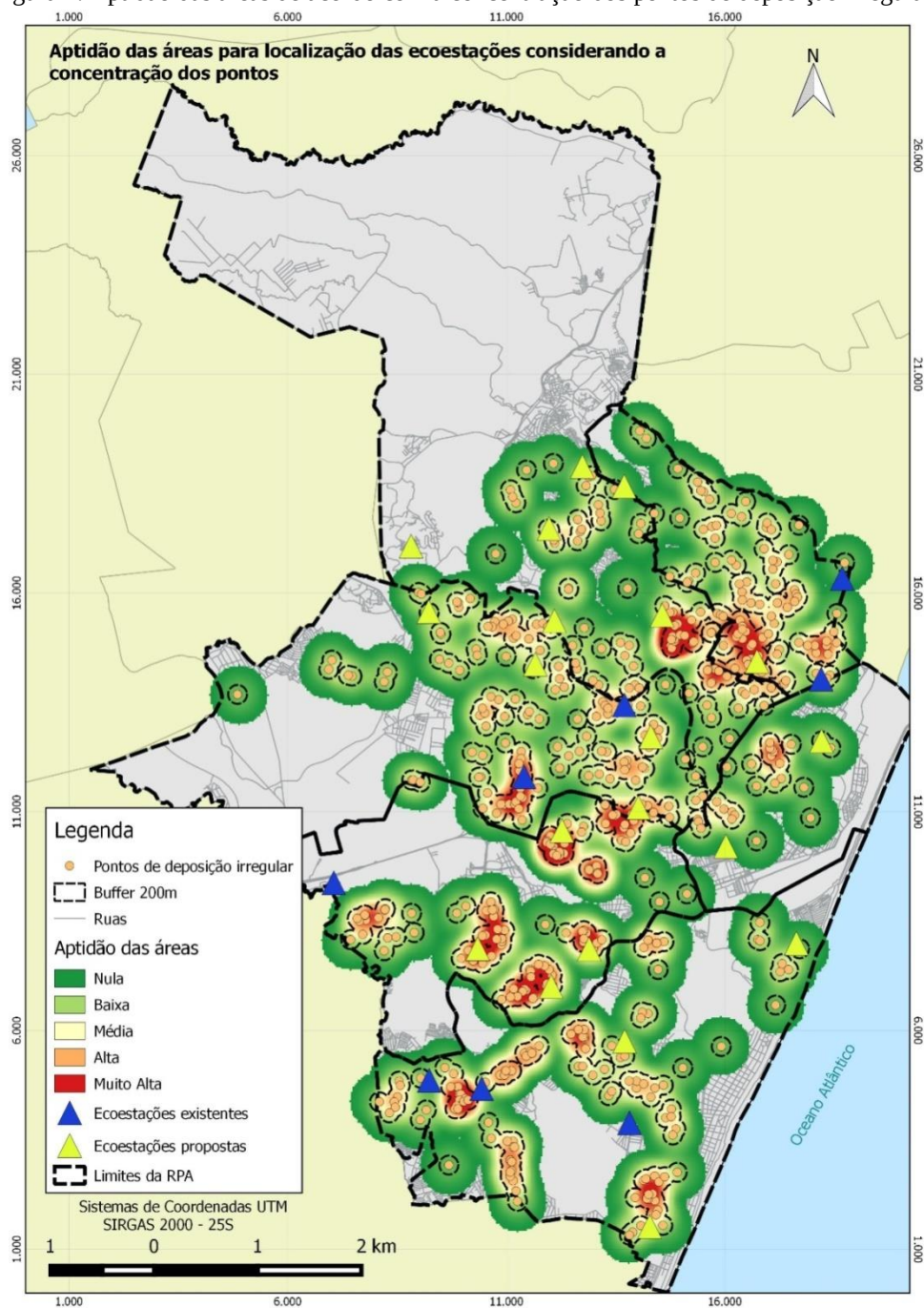
Para avaliar se a quantidade de ecoestações propostas encontra-se adequada, realizou-se uma comparação com o método proposto por Scremin (2007), considerando o raio de abrangência de 1,5 km (Tabela 3).

Tabela 3. Quantidade de ecoestações propostas no município estudado

Municípios	Nº de ecoestações (SCREMIN, 2007)	Nº de ecoestações existentes	Nº de ecoestações propostas
RPA 1	2	0	2
RPA 2	2	2	2
RPA 3	4	0	5
RPA 4	4	2	4
RPA 5	3	1	4
RPA 6	5	3	3
TOTAL	20	8	20

Assim, com a definição da quantidade mínima, foram propostos novos locais adequados para instalação das URPV, considerando-se dois critérios: o de proximidade dos pontos de deposição irregular (200 m), e o de concentração dos pontos, onde foi utilizada a densidade de Kernel (Figura 7).

Figura 7. Aptidão das áreas de acordo com a concentração dos pontos de deposição irregular.



Observou-se, portanto, que a quantidade de ecoestações proposta nesta pesquisa encontra-se além do proposto pelo método de Scremin (2007). Essa quantidade foi definida de acordo com a dinâmica da deposição irregular dos pontos em cada RPA. O terreno escolhido para instalação

da Ecoestação Caxangá, localizado na RPA 4, por ser um ponto consolidado, já utilizado pela comunidade do entorno para deposição de entulho da construção civil (Figura 8).

Figura 8. Terreno proposto para instalação da URPV no bairro da Caxangá.



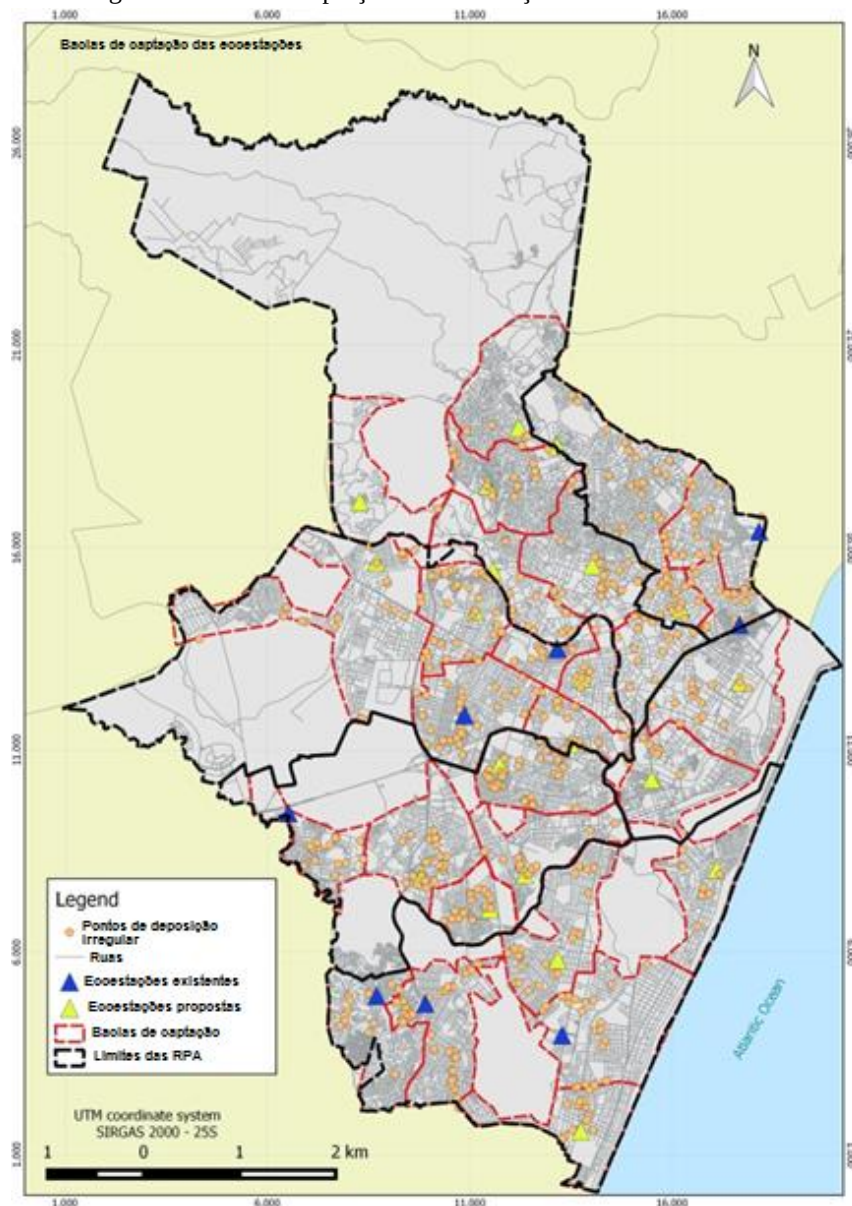
Para o dimensionamento da quantidade de resíduos que pode ser recebido em cada ecoestação, considerou-se os dados fornecidos pela prefeitura, obtendo-se uma média de geração de RCD de 0,59 kg/hab/dia, próximo ao valor obtido para Criciúma/SC de 0,58 kg/hab/dia (CARDOSO, 2011), Batatais/SP de 0,50 kg/hab/dia (FREITAS, 2009) e Lagarto/SE de 0,50 kg/hab/dia (PRATA, 2013).

Foram definidas a área construída para as ecoestações existentes e a área disponível para as ecoestações propostas, bem como a quantidade de RCD passível de ser recebida, obtida a partir dos dados fornecidos pelo IBGE e EMLURB (Tabela 4).

Tabela 4. Área construída e disponível das ecoestações.Nome	RPA	Área construída (m²)	Área disponível (m²)	População (habitantes)	Geração de RCD (t/dia)
EE Joana Bezerra	1	-	820,00	15.216	9,0
EE Santo Amaro	1	-	2.088,00	18.173	10,7
EE Campo Grande	2	1.047,00	-	24.704	14,6
EE Arruda	2	783,00	-	56.295	33,2
EE Dois Unidos	2	-		124.265	73,3
EE Monteiro	3	-	2646,00	20.081	11,8
EE Casa Amarela	3	-	1.127,00	18.567	11,0
EE Brejo do Beberibe	3	-		54.640	32,2
EE Macaxeira	3	-		85.013	50,2
EE Sítio dos Pintos	3	-		10.472	6,2
EE Encruzilhada	3	-	1.230,00	17.215	10,2
EE Prado	4	-		20.235	11,9
EE Torre	4	726,00	-	24.709	14,6
EE Madalena	4	-		19.674	11,6
EE Iputinga	4	-	170,00	19.299	11,4
EE Torrões	4	293,00	-	73.106	43,1
EE Caxangá	4	-		19.503	11,5
EE Afogados	5	-		24.635	14,5
EE Jiquiá	5	-		23.979	14,1
EE Barro	5	-		21.678	12,8
EE Totó	5	386,00	-	22.086	13,0
EE San Martin	5	-	560,00	71.728	42,3
EE COHAB	6	282,00	-	63.211	37,3
EE Ibura	6	564,00	-	68.545	40,4
EE IPSEP	6	-		22.525	13,3
EE Imbiribeira	6	534,00	-	100.304	59,2
EE Boa Viagem	6	-		40.289	23,8
EE Pina	6	-		53.326	31,5

A partir da escolha dos locais para implantação das URPV, foram delimitadas as bacias de captação de cada ecoestação, considerando-se um raio de 1,5 km do local de entrega dos resíduos (Figura 9). A delimitação ocorreu de acordo com a topografia da região e a quantidade de casas abrangidas pela bacia de captação. Após coletados, os resíduos provenientes das ecoestações têm como destino a reciclagem (no caso de resíduos de papel, papelão, madeira, metal), ou o envio para aterro sanitário (orgânicos, RCD e volumosos), localizado em Jaboatão dos Guararapes/PE.

Figura 9. Bacias de captação das ecoestações da cidade do Recife.



CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a quantidade de pontos cadastrados (565) foi suficiente para realizar uma análise crítica da situação da deposição irregular de RCD na cidade do Recife, verificando os bairros mais críticos e os tipos de resíduos descartados. Um programa de educação ambiental efetiva torna-se necessária para redução dessa prática proveniente dos pequenos e grandes geradores. O uso de Sistemas de Informações Geográficas proporcionou uma análise mais consistente dos pontos de deposição, e permitiu propor soluções a curto prazo, como a instalação de novas ecoestações, de modo a abranger mais regiões da cidade.

A quantidade de pontos levantados demonstra que a gestão de RCD atualmente praticada na cidade do Recife ainda é incipiente, e são necessárias ações mais estruturadas de fiscalização de obras e rastreamento de resíduos, para que haja uma redução substancial na quantidade de locais de deposição irregular, reduzindo assim os vetores de doenças e os impactos ambientais.

A metodologia utilizada para a proposição de ecoestações mostrou-se adequada para Recife, pois permitiu identificar os pontos mais críticos e as áreas disponíveis para a instalação das ecoestações. O uso contínuo do SIG permitirá um monitoramento dos impactos ambientais provenientes da deposição irregular de RCD, e servirá para propor planos de ações para a cidade.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro, 2004.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, 2002.
- CHANAKYA, H.N.; SHWETMALA; RAMACHANDRA, T.V. Nature and extent of unauthorized waste dump sites in and around Bangalore city. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 19, p. 342-250, 2017.
- COSTA, E.S.; OLIVEIRA, N.F.; REIS, P.A.; SCHMIDT, M.A.R. Utilização de um sistema de informação geográfica no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no município de Uberlândia/MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4, Salvador, BA, 2013. **Anais...** Salvador/BA, 2013.
- ESA, M.R.; HALOGA, A.; RIGAMONTI, L. Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia. **Resources, Conservation and Recycling**, v.120, p. 219-229, 2017.
- FREITAS, W.C. **Análise da geração de resíduos da construção civil no município de Batatais-SP para implantação de gerenciamento integrado.** 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2009.
- HOLANDA, M.J.O.; XIMENES, T.C.F.; BATISTA, J.M.; LAFAYETTE, K.P.V. Aspectos e impactos ambientais provenientes de RCD em São Lourenço da Mata e Cabo de Santo Agostinho-PE. In: SANTOS, J.P.O.; SILVA, R.C.P.; MELLO, D.P.; EL-DEIR. **Resíduos Sólidos: Impactos socioeconômicos e ambientais.** 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. 579 p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010.** Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em 18 Abr. 2018
- KLEIN, F. B.; GONÇALVES-DIAS, S.L.F. **The illegal disposal of the construction waste in the city of São Paulo: A study based on the instruments of environmental public policies**, v.40, p. 483-506, 2017.
- LAFAYETTE, K. P. V. **Análise dos impactos ambientais e dos indicadores de sustentabilidade como subsídio para a gestão de resíduos da construção civil (RCC) na Região Metropolitana do Recife.** Concurso de professor adjunto. Escola Politécnica de Pernambuco. Recife, 2016.
- LU, W.; WEBSTER, C.; PENG, Y.; CHEN, X.; ZHANG, X. Estimating and calibrating the amount of building-related construction and demolition waste in urban China. **International Journal of Construction Management**, v. 17, p. 13-24, 2017.
- MAH, C. M, FUJIWARA, T.; HO, C.S. Construction and demolition waste generation rates for high-rise buildings in Malaysia. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 12, p. 1224-1230, 2016.

MELO, J.M.M.D.O.; ALENCAR, S.K.P. Quali-quantificação de resíduos sólidos em pontos transitórios, em Juazeiro do Norte-CE. In: SANTOS, J.P.O.; SILVA, R.C.P.; MELLO, D.P.; EL-DEIR. **Resíduos Sólidos: Impactos socioeconômicos e ambientais**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. 579 p.

ORNELAS, A.R **Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos urbanos**. 2011. 92 p. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011.

PASSOS, C. R. L.; LIMA, E. M.; QUEIROZ, J. M. S.; LIRA, C. W. P. O problema dos resíduos sólidos na administração pública de ensino: estudo de caso do IFPE – campus Afogados da Ingazeira-PE. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR. **Resíduos Sólidos: Impactos socioeconômicos e ambientais**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2018. 579 p.

PAZ, D.H.F. **Desenvolvimento de um Sistema de Apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil em canteiros de obras de edificações urbanas**. 2014. 161 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco. Recife, 2014.

PRATA, V.C. **Gestão de resíduos da construção civil na zona urbana do município de Lagarto-SE: do diagnóstico a uma proposta de modelo gerencial**. 2013. 197 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2013.

RAM, V.G.; KALIDINDI, S.N. Estimation of construction and demolition waste using waste generation rates in Chennai, India. **Waste Management & Research**, v. 35, n. 6, p. 610-617, 2017.

RECIFE. Decreto nº 27.399, de 27 de Setembro de 2013.Regulamenta as unidades de recebimento de Resíduos Sólidos oriundos de pequenos geradores, no âmbito do Município do Recife. **Diário Oficial do Município de Recife**, 2013.

RECIFE. Lei nº 17.072, de 04 de Janeiro de 2005. Estabelece as diretrizes e critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. **Diário Oficial do Município de Recife**, 2005.

RODRIGUES, J. S. **Análise qualitativa e comparative dos planos municipais de gestão de resíduos da construção civil**. 2017. 21 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas Tecnológicas e Agrárias, Centro Universitário de Maringá. Maringá, 2017.

SCREMIN, L. B. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao gerenciamento de resíduos da construção e demolição para municípios de pequeno porte**. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SEROR, N., HARELI, S.; PORTNOV, B. A. Evaluating the effect of vehicle impoundment policy on illegal construction and demolition waste dumping: Israel as a case study. **Waste Management**, v. 34, p. 1436-1445,2014.

WON, J.; CHENG, J.C.P.; LEE, G. Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea. **Waste Management**, v.49, p.170-180, 2016.

WU, Z.; SHEN, L.; YU, A. T. W.; ZHANG, X. A comparative analysis of waste management requirements between five green building rating systems for new residential buildings. **Journal of Cleaner Production**, v.112, p. 895-902, 2016.

ZHENG, L.; WU, H.; ZHANG, H.; DUAN, H.; WANG, J.; JIANG, W.; DONG, G.L; ZUO, J.; SONG, Q. Characterizing the generation and flows of construction and demolition waste in China. **Construction and Building Materials**, n. 136, p. 405-413, 2017.

ZHENG, W.; REN, H.; ROTTER, V.S. Evaluation of the economic feasibility for the recycling of construction and demolition waste in China – the case of Chongqing. **Resources, Conservation and Recycling**, v.54, n.6, p. 377-389, 2010.

Capítulo 5.Óleos e derivados

5.1. AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE ÓLEOS LUBRIFICANTES NA CIDADE DE SOBRAL – CE

ROSA, Raquel Ferreira Gomes
Instituto Federal do Ceará (IFCE)
raquel.silveirafg@gmail.com

NEPOMUCENO, Nayana de Almeida Santiago
IFCE
santiago.nayana@gmail.com

OLIVEIRA, Ulisses Costa de
IFCE
ucoliveira@msn.com

PEREIRA, Ana Lúcia Feitoza Freire
IFCE
anafeitoza@ifce.edu.br

RESUMO

Os postos de revenda de combustíveis e derivados de petróleo que realizam o serviço de troca de óleo de veículos automotivos são empreendimentos geradores de um volume considerável de resíduos de óleos lubrificantes e de suas embalagens, os quais podem causar alterações significativas no meio ambiente quando gerenciados de modo inadequado. O presente trabalho teve por objetivo realizar uma avaliação ambiental no que diz respeito ao gerenciamento do óleo lubrificante usado ou contaminado, e de suas embalagens e estopas contaminadas, gerados por meio das atividades desenvolvidas em postos de combustíveis na cidade de Sobral-CE. Esse estudo foi motivado pelo notável aumento da frota de veículos automotivos na cidade, e, por consequência, pelo crescimento da procura por serviços de troca de óleos lubrificantes. O método de avaliação fundamentou-se num levantamento de informações documentais e de campo por meio da aplicação de questionários, bem como nas análises das instalações físicas de 17 postos de combustíveis visitados, perfazendo um resultado de 44% do total de postos neste município, que estão distribuídos em diferentes bairros da cidade. Com base nos resultados obtidos, identificaram-se falhas, como a destinação incorreta das estopas e a falta de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, que precisam ser supridas no gerenciamento dos resíduos de óleos lubrificantes e de suas embalagens nos postos de revenda de combustíveis na cidade de Sobral-CE.

Palavras-chaves: Resíduos perigosos; Política Nacional de Resíduos Sólidos; Logística reversa.

INTRODUÇÃO

O crescimento econômico e populacional traz consigo muitas preocupações, uma delas é a crise ambiental, que torna evidente que o planeta está no seu limite de capacidade de suporte (VALENTE, 2003). Em 1981, intensificam-se no Brasil as discussões sobre questões ambientais após entrar em vigor a Lei Federal nº 6.938 (BRASIL, 1981), que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente, onde estabeleceram seus fins, mecanismos e instrumentos de proteção ao meio ambiente (SECRON; GIORDANO; BARBOSA FILHO, 2010).

Dentre as atividades que causam significativos impactos ambientais, destaca-se o setor de petróleo, fato este que tem gerado inúmeros estudos sobre o tema. Neste contexto, ressaltam-se os óleos lubrificantes que geram significativos impactos ambientais, seja pelos efeitos produzidos em sua cadeia produtiva, seja devido a sua destinação após o uso. Em Sobral, no estado do Ceará, o crescimento da frota de veículos também é evidenciado, tendo em vista que entre os anos de 2010 a 2017, a frota quase duplicou, passando de 52.054 para 89.667, incluindo as motocicletas (DENATRAN, 2017).

Arelado ao aumento da frota de veículos na cidade de Sobral – CE tivemos o aumento pela procura de serviços de manutenção visando garantir um melhor funcionamento desses veículos e segurança de seus condutores e passageiros. Essas atividades tem gerado um aumento na produção dos resíduos sólidos, como óleos lubrificantes usados ou contaminados e suas embalagens vazias, gerando assim um aumento de fontes de poluição e contaminação ao meio ambiente.

Apesar disso, pode-se observar que esta realidade começa a mudar, visto que as empresas do setor, gradualmente, começam a tomar consciência e demonstrar preocupação em resolver os problemas causados pela disposição irregular desses resíduos. Com isso, a sociedade civil, empresários e gestão pública tem se unido no sentido de procurar soluções a fim de minimizar os prejuízos causados ao meio ambiente (MARQUES; MARQUES; SILVA, 2015).

O objetivo geral desse artigo é avaliar o gerenciamento do Óleo Lubrificante Usado ou Contaminado (OLUC), e respectivas embalagens e estopas contaminadas com este resíduo durante o serviço de troca de óleo automotiva realizado em postos de combustíveis na cidade de Sobral. Este estudo permitirá ainda identificar os postos de combustíveis que realizam o serviço de troca de automotiva na cidade de Sobral; verificar se os empreendimentos fazem uso de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS e se este se encontra implantado.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A frota de carros no Brasil está cada vez maior devido à economia acelerada, chegando a 51 milhões de veículos em 2016, conforme dados do Departamento Nacional de Trânsito-DENATRAN, e resultando num significativo aumento da demanda por óleos lubrificantes, fazendo com que o Brasil fosse elevado ao sexto maior mercado mundial de lubrificantes, ficando atrás da China, Estados Unidos, Índia, Japão e Rússia, conforme relatório da empresa IHS Markit (BUSINESSWIRE, 2013). O relatório da IHS informa ainda que cerca de 70% de todos os lubrificantes utilizados no Brasil destinam-se a usos automotivos como óleo para motores, diesel, gasolina e combustíveis flex, graxas, fluidos de grupos propulsores para transmissões e eixos e fluidos para motocicletas. O mesmo autor cita outras aplicações que incluem lubrificantes destinados aos usos industriais. Em âmbito mundial, os óleos destinados aos usos automobilísticos são responsáveis por 56% dos lubrificantes utilizados, conforme o relatório.

A indústria brasileira de lubrificantes vem a cada dia se transformando para melhorar em termos de qualidade e quantidade de seus produtos. Mueller (2013), diz que a indústria enfrenta alguns muitos desafios tecnológicos e regulatórios dos quais deve tratar em um curto período de tempo ou o crescimento pode ser prejudicado:

Do ponto de vista da qualidade, o mercado dos lubrificantes mudará muito até 2020. Novas

regulamentações estão surgindo que exigem menos poluição do ar, bem como uma diminuição no consumo de combustível dos veículos motorizados. Estes objetivos podem ser atingidos somente com a introdução de produtos baseados em óleos de base de maior qualidade e novas químicas aditivas que já foram desenvolvidas na América do Norte e na Europa (MUELLER, 2013).

Segundo Mueller (2013), ainda espera que o governo incentive a instalação das fábricas necessárias e estimule as refinarias a aumentar a coleta e o refino de óleos usados para ajudar a diminuir a necessidade de importações dos produtos de base. Aproximadamente 300 produtores no Brasil oferecem cerca de 4.000 produtos lubrificantes registrados, dentre eles os nove maiores produtores são a Petrobrás, Ipiranga, Cosan, Chevron, Shell, Petronas, BP, Castrol, Total e YPF que em conjunto produzem 80% do mercado de lubrificantes por volume (BUSINESSWIRE, 2013).

O alto potencial impactante à sustentabilidade na indústria petrolífera ainda é contestada, dado que é impossível não haver impactos na perfuração e produção de petróleo e seus derivados. Porém, para que possa se produzir com menor impacto e com medidas compensatórias, deve se realizar uma ação de educação ambiental em todos os níveis de formação do ser humano (FIGUEIREDO, 2015).

O óleo lubrificante, segundo Sohn (2011), tem a função principal de reduzir o atrito e o desgaste entre partes móveis de um objeto, e no Brasil, os óleos devem atender às especificações técnicas estabelecidas e possuir registro pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

A deterioração parcial de um óleo lubrificante é resultante do seu uso prolongado, que se reflete na formação de compostos tais como ácidos orgânicos, compostos aromáticos polinucleares potencialmente carcinogênicos, resinas e lacas (CONAMA, 1993). Além dos resíduos, conforme a Resolução nº 362 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) de 2005, a combustão de óleos lubrificantes usados geram gases residuais nocivos ao meio ambiente e à saúde pública.

Os óleos lubrificantes não sendo biodegradáveis possuem um alto potencial contaminante, e, ao serem dispostos no solo, podem afetar as atividades agrícolas e contaminar águas subterrâneas (OLIVEIRA; CUNHA, 2007). Os principais impactos gerados por estes resíduos no meio ambiente são devido ao fato de possuírem em sua composição vários metais pesados, podendo contaminar rios e os lençóis freáticos, ou ainda flutuarem sobre lagos e mares, impedindo assim a oxigenação dos seres vivos e a passagem dos raios solares (BOUGHTON; HORVATH, 2004; KALNES et al., 2006).

Além disso, o setor de lubrificantes necessita de um consumo altíssimo de energia e recursos, gerando elevadas quantidades de emissões gasosas, líquidas e sólidas, contaminando assim o meio ambiente (APROMAC, 2011). Com o intuito de impedir essas ações e regular a sua destinação de forma correta, o Conama, por meio da Resolução 362/2005 resolve que:

Todo óleo lubrificante usado ou contaminado deverá ser recolhido, coletado e ter destinação final, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos constituintes nele contidos, na forma prevista nesta Resolução (Art 1º, CONAMA, 2005).

Ficam proibidos quaisquer descartes de óleos usados ou contaminados em solos, subsolos, nas águas interiores, no mar territorial, na zona econômica

exclusiva e nos sistemas de esgoto ou evacuação de águas residuais (Art. 12º, CONAMA, 2005).

As embalagens e os resíduos de óleos lubrificantes estão dispostos no caput do Art. 33, da Lei 12.305/2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos-PNRS quando se trata da logística reversa (BRASIL, 2010), que pode ser entendida como:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Portanto, a logística reversa não é considerada apenas um processo específico de retorno dos bens aos respectivos produtores, mas sim uma cadeia de atividades, sendo ainda responsável por gerar dados e acrescentar valor ao bem devolvido (SILVA; SILVA, 2014).

Desse modo, a logística reversa se apresenta como um ponto forte não só na consolidação da gestão de resíduos sólidos, mas também no crescimento da efetividade do tratamento e destinação adequados, sobretudo para o equilíbrio nos campos ambientais, econômicos e sociais presentes na sustentabilidade ambiental (SILVEIRA; SANTANA; SILVA, 2017).

A logística reversa destaca-se ainda, por se tratar de um instrumento importante na redução da pressão antrópica por matéria-prima e diminuição dos rejeitos que irão ser dispostos nos aterros sanitários. Esse processo tem também seu lado educativo, quando apresenta a sociedade os riscos do descarte incorreto, assim como levanta a questão do esgotamento dos recursos naturais (PEDROSA; SANTOS; FERREIRA, 2015).

Portanto, conforme a Resolução citada, fabricantes, distribuidores e comerciantes, ficam obrigados a recolher e dar um destino adequado aos diversos resíduos, dentre eles, aos de óleos lubrificantes e suas embalagens, aos descartados pelos consumidores, retornando estes materiais à cadeia de origem para reciclagem.

A Resolução CONAMA 362/2005 diz ainda que o produtor e o importador de óleo lubrificante automotivo acabado deverão coletar ou garantir a coleta e dar a destinação ao OLUC, de forma proporcional em relação ao volume total de óleo lubrificante automotivo que tenham comercializado. Segundo Ferreira (2009), o método mais seguro, ambientalmente, para a reciclagem do óleo lubrificante usado ou contaminado, e, portanto, a melhor alternativa de gerenciamento deste tipo de resíduo é o rerrefino (CONAMA, 2005). A Resolução CONAMA 362/2005, define rerrefino como:

Categoria de processos industriais de remoção de contaminantes, produtos de degradação e aditivos dos óleos lubrificantes usados ou contaminados, conferindo aos mesmos, características de óleos básicos, conforme legislação específica (Art. 2º, XIV, CONAMA, 2005).

As embalagens de óleos lubrificantes são compostas pelo Polietileno de Alta Densidade (PEAD), que é a segunda resina mais reciclada no mundo e a sua tampa é formada pelo polímero sintético polipropileno, que também é reciclável. Estes resíduos são gerados todos os dias por postos de combustíveis que realizam o serviço de troca de óleo e concomitantemente com elas, contém pequena quantidade de óleo aderido em seu interior, agravando ainda mais o problema de descarte no lixo comum (FIESP, 2007). As embalagens de óleo lubrificantes vazias, após o procedimento de troca, devem ser submetidas a um processo de escoamento do óleo contido nas paredes e no fundo da embalagem, com o propósito de diminuir ao máximo a quantidade de

material contida neste recipiente. Em seguida a embalagem deve ser tampada para evitar o escoamento do fluido ainda restante na mesma durante o transporte do recipiente para o tratamento ou disposição final (FIESP, 2007).

Quanto ao armazenamento das embalagens plásticas usadas contendo óleo lubrificante, devem seguir as etapas previstas na NBR N° 12.235/1992 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que dentre algumas medidas, aponta que o local de armazenamento deve ter o piso impermeável, ser ventilado, longe de fontes de ignição e à pressão atmosférica, isento de materiais combustíveis, e com dique de contenção para retenção do óleo lubrificante no caso de vazamentos. Quanto ao tratamento e disposição final, existem algumas formas que podem ser aplicadas às embalagens plásticas usadas contendo óleos lubrificantes, dentre elas, a reciclagem, a incineração para fins de recuperação energética, o co-processamento ou a disposição final em aterros sanitários devidamente habilitados para receber esses tipos de resíduos (FIESP, 2007).

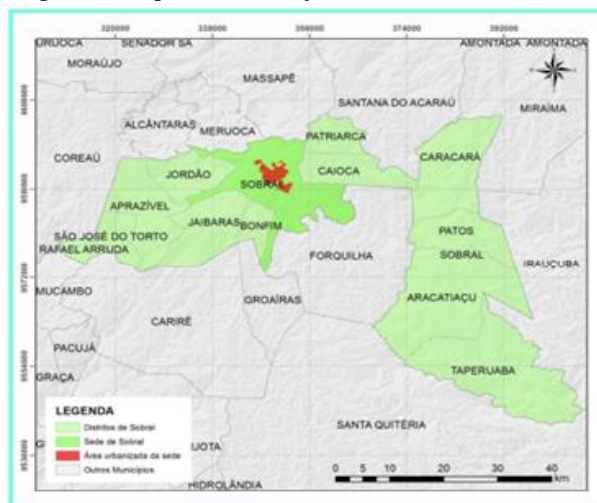
Vale salientar que para todas as atividades que gerem resíduos, faz-se necessária a criação de um plano de gerenciamento de resíduos que descreva os procedimentos corretos a serem adotados - desde manejo, acondicionamento, coleta, tratamento e destinação final - que atenda as normas ambientais vigentes, tendo como principal objetivo a redução na geração, reuso e reciclagem dos resíduos, diminuindo, dessa forma os impactos no meio ambiente, além de contribuir para a saúde humana, minimizar os custos e danos associados à destinação de resíduos e o volume e toxicidade dos resíduos gerados.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

Esse estudo foi desenvolvido em postos de revenda de combustíveis que realizam o serviço de troca de óleo automotiva na cidade de Sobral-CE, situada na região norte do estado do Ceará, a 235 quilômetros de Fortaleza, capital do Estado, ligada a esta pela Rodovia BR-222.

Figura 1: Mapa de localização de Sobral – CE.



Fonte: Adaptado de Gomes (2016).

Nascido em 1841, o município de Sobral ocupa aproximadamente uma área de 2.123 quilômetros quadrados, tem uma população, estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, de 188.233 habitantes, e está a uma altitude de 70 metros acima do nível do mar. O clima é quente e seco, com uma temperatura média de 30 graus centígrados. O rio Acaraú e a Serra da Meruoca se constituem nos principais ícones do cenário natural desta terra, que se limita a norte com os municípios de Massapê, Santana do Acaraú e Meruoca, a sul com

Santa Quitéria, Groaíras e Cariré, a leste com Itapipoca, Irauçuba e Canindé, e a oeste com os municípios de Coreau, Mucambo e Alcântaras (Figura 1).

Mecanismo de coleta de dados

A execução desse trabalho foi conduzida a partir da definição de 05 (cinco) etapas previamente estabelecidas. A primeira etapa refere-se ao levantamento bibliográfico acerca do tema proposto, que foi realizado durante todo o trabalho a fim de se obter a maior quantidade possível de dados secundários sobre a problemática alvo da pesquisa. A segunda etapa consistiu na elaboração de questionário estruturado a ser aplicado aos proprietários e/ou funcionários dos respectivos empreendimentos. Os questionários continham pontos importantes como características gerais do empreendimento, forma de gerenciamento dos resíduos de óleos lubrificantes e de suas embalagens, perguntas acerca do licenciamento ambiental da atividade, elaboração e execução de um PGRS, entre outros. Além de perguntas a cerca do licenciamento ambiental, como condicionantes estabelecidas e exigência do PGRS.

Os questionários foram elaborados com perguntas de múltipla escolha e em alguns casos com o uso de justificativa para melhor entendimento da real situação sem comprometer a imparcialidade das respostas.

A terceira etapa consistiu na identificação dos postos de combustíveis em operação na cidade de Sobral através de consulta no site da Agência Nacional de Petróleo (ANP), e posteriores articulações junto a Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), para obter informações sobre o número de postos de combustíveis que realizam o serviço de troca de óleo automotivo na cidade. Na visita a SEMACE foi feita uma explanação a respeito dos objetivos do estudo e de que forma o órgão público em questão poderia contribuir para a realização desta pesquisa.

A quarta etapa da pesquisa, realizada em campo, a qual foi dividida em dois momentos: i) visita aos estabelecimentos alvos, cuja finalidade inicial foi fazer uma explanação a respeito dos objetivos do estudo e de que forma os entrevistados poderiam contribuir para a realização do mesmo; ii) aplicação de um questionário junto aos proprietários e/ou funcionários das oficinas como forma de avaliar o gerenciamento dos resíduos de óleos lubrificantes e suas embalagens, além das instalações físicas do estabelecimento.

A quinta etapa consistiu na análise e interpretação dos dados, onde foram identificados os principais problemas enfrentados pelos empresários no que diz respeito ao gerenciamento dos resíduos de óleos lubrificantes e suas embalagens geradas por suas atividades e posterior análise dos aspectos ambientais dos postos de combustíveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Semace forneceu uma lista de 17 postos de combustíveis que realizam o serviço de troca de óleo, distribuídos em diferentes regiões da cidade (Figura 2). A lista continha algumas informações tais como razão social e endereço.

Figura 2: Distribuição dos Postos de Combustíveis que realizam o serviço de troca de óleo na cidade de Sobral/CE.



Fonte: Google Earth (2018).

Foram realizadas visitas aos empreendimentos onde procurou-se os proprietários ou responsáveis e a eles foi realizada uma explanação do estudo e solicitada a participação com o preenchimento do questionário. Dos 17 postos de combustíveis visitados, somente 11 (64 %) se disponibilizaram a responder o questionário.

Gerenciamento dos Resíduos Sólidos: Óleos Lubrificantes

Nesse estudo, foi dado ao óleo lubrificante usado ou contaminado certa ênfase, tendo em vista a grande quantidade gerada, as exigências legais existentes, o elevado nível de contaminação e impactos ambientais negativos causados por estes quando gerenciados de forma incorreta. Com relação à infraestrutura do local de troca de óleo, observou-se que 100%, dos que responderam o questionário, realizam a troca de óleo em local coberto, com piso impermeável e possuem caixa separadora de água e óleo, cuja finalidade é recuperar o máximo de óleo possível em casos de eventuais derramamentos.

Quanto à forma de acondicionar e armazenar, 07 (sete) dos estabelecimentos visitados acondicionam estes resíduos em tambores tampados e 04 (quatro) em tanques subterrâneos. No tocante à coleta do óleo usado, esta é feita mensalmente de acordo com 04 (quatro) estabelecimentos. Nos demais a coleta é realizada bimestralmente.

Verificou-se ainda que todos os estabelecimentos visitados destinavam o óleo usado para empresas especializadas no segmento. As empresas responsáveis pela coleta do OLUC devem ser licenciadas e registradas na Agência Nacional do Petróleo (ANP), as quais devem emitir no ponto de troca um Certificado de Coleta do OLUC sempre que estes forem coletados (BRASIL, 2005). O destino mais adequado do OLUC coletados pelas empresas são as indústrias de reciclagem para o rerrefino (FERREIRA, 2009).

Observou-se que apesar de todos os entrevistados afirmarem que o OLUC é coletado por empresa credenciada junto a ANP, alguns dos certificados de coleta não foram apresentados pelos proprietários e/ou funcionários dos postos quando solicitados. De acordo com Machado (2011), o estabelecimento que realiza a coleta deve emitir documento com dados da empresa fornecedora do óleo coletado, volume coletado e valor pago, nome do condutor do veículo responsável pelo caminhão no dia da coleta, identificação do caminhão que transportou esse resíduo e o número do registro da empresa coletora junto a ANP.

Dependendo do número da frota veicular da região são instalados centros coletores de OLUC, local este onde o resíduo é armazenado antes de ser levado às usinas de rerrefino (COMPER; CHAVES, SOUZA, 2016).

Resíduos sólidos: embalagens de óleos lubrificantes e resíduos contaminados (estopas)

No tocante à característica física do local de armazenamento das embalagens vazias de óleo lubrificante, verificou-se que em apenas 01 (um) dos estabelecimentos o local não é coberto, e todos informaram que as embalagens são acondicionadas e tampadas para evitar que o líquido que fica aderido às paredes das embalagens escoe para o local de trabalho, ocasionando riscos à saúde e ao meio ambiente. Com base nos questionários respondidos, a coleta e a destinação final das embalagens de óleo lubrificante são realizadas por uma empresa especializada em 10 (dez) estabelecimentos. Um dos postos não informou qual a destinação dada para este tipo de resíduo.

No caso das estopas, que são considerados resíduos contaminados de óleo lubrificante, 07 (sete) dos estabelecimentos informaram que depositam este tipo de material em tambores de lixo considerado comum, e que são recolhidos e coletados pelo caminhão de coleta pública, sendo encaminhado ao Aterro Sanitário do município. Os outros 04 (quatro) estabelecimentos informaram que acondicionam o material em tambores, sendo posteriormente coletado por uma empresa especializada. Vale salientar que os postos que encaminham estas estopas contaminadas como lixo comum não estão descartando este resíduo de maneira correta podendo este material contaminar solo, subsolo e lençóis freáticos.

Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – PGRS: implantação

Quanto à implantação do PGRS, somente 04 (quatro) estabelecimentos informaram através dos questionários que o plano encontra-se implantado. Porém, 07 (sete) dos estabelecimentos responderam que não possuíam. Em conversa com esses empreendedores/funcionários, estes expressaram que não possuíam o Plano em virtude não ser uma exigência do órgão licenciador e ter um custo alto para elaboração e implantação.

CONCLUSÕES

Não existe um cadastro dos postos de revenda de combustíveis que realizem a atividade de troca de óleo lubrificante junto à prefeitura municipal de Sobral - CE. Foi observado que algumas respostas fornecidas no questionário não condizem com a realidade do ambiente em que se realiza a atividade, como a presença de caixa separadora de água e óleo no local da troca.

A coleta do OLUC é sempre realizada por uma empresa especializada no serviço, sendo este efetuado bimensalmente pela maioria dos postos. A coleta das embalagens na grande maioria é efetuada por uma empresa especializada. A destinação das estopas contaminadas por óleo lubrificante usado é disposta junto com o lixo considerado comum, e a coleta é realizada pela prefeitura municipal de Sobral. De uma forma, pode-se notar que o gerenciamento do óleo lubrificante usado ou contaminado nos postos de combustíveis na cidade funciona bem em parte, pois ainda precisa adequar o local onde se realiza o serviço. Porém nota-se que os empreendimentos não consideram as estopas usadas como material contaminado. Deste modo, enxergam este material como um resíduo comum podendo ser encaminhado ao aterro sanitário do município.

Ressalta-se ainda que os órgãos ambientais deveriam fazer a exigência da implantação de um PGRS para o gerenciamento correto de todos os resíduos gerados nesse tipo de atividade.

REFERÊNCIAS

APROMAC. **Guia Básico - Gerenciamento de Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados**. 2ª Ed. Revisada – set/2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS. NBR 12235: **Armazenamento de resíduos sólidos perigosos**. Rio de Janeiro, p. 14. 1992.

BOUGHTON B.; HORVATH, A. Environmental Assessment of used oil management methods, **Environmental Science and Technology**, v. 38, n. 2, p. 353-358, 2004.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 de setembro de 1981.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010.

BUSINESSWIRE. **O crescente mercado de lubrificantes do Brasil impulsionado pela significativa demanda automobilística, pela economia acelerada e por uma maior pressão regulatória, de acordo com relatório do IHS**. Disponível em: <<https://www.businesswire.com/news/home/20131118005911/pt/>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2018.

COMPER, I. C.; CHAVES, G. L. D.; SOUZA, F. O. **Caracterização e Desafios da Logística Reversa de Óleos Lubrificantes**. Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade – Brasília, v. 2, n.1, p. 131-155, jun. 2016.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 09, de 31 de agosto de 1993. **Estabelece definições e torna obrigatório o recolhimento e destinação adequada de todo óleo lubrificante usado ou contaminado**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 de agosto de 1993.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 362, de 23 de junho de 2005. **Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 27 de junho de 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO-DENATRAN. **Cidades**. 2016. Disponível em: www.denatran.gov.br/estatistica/237-frora-veiculos. Acesso em 15 de jan. 2017.

FERREIRA, L. C. **Produção mais limpa no plano de gerenciamento de resíduos sólidos em empresas de reparação de veículos**. 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção, Gestão Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, Ponta Grossa – MG, 2009.

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Reciclagem de embalagens plásticas usadas contendo óleo lubrificante**. São Paulo: FIESP, 2007.

FIGUEIREDO, G. J. O. **A logística reversa e o ciclo de vida de óleos básicos na produção de lubrificantes automotivos**. In: Cad. Unisum Pesqui. Ext., Rio de Janeiro, v.5, n.4., p. 60-69, 2015.

GOMES, F. B. M. **Análise da qualidade ambiental do Rio Acaraú no espaço interurbano na cidade de Sobral/CE**. Dissertação de Mestrado. 2016.

KALNES, T., SHONNARD R, SCHUPPEL A. **LCA of a Spent Lube Oil Re-refining Process**. *Computer Aided Chemical Engineering* v. 21, p. 713-718, 2006.

MACHADO, E. B. **Análise do sistema de recolhimento de óleo lubrificante usado ou contaminado no município de Cachoeirinha**. 2011. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFARS, Porto Alegre/RS, 2011.

MARQUES, W. R. A.; MARQUES, M. R. A.; SILVA, C. B. **Gerenciamento de pneus e óleo lubrificante, estudo de caso oficina mecânica no município de Belo Horizonte**. 1. ed. Recife: EDUFPRPE, 2015. 455p. E-Book: ISBN: 978-85-7946-196-5. Disponível em: <http://www.epersol.com/e-books.html>. Acesso em: 08 de maio de 2018.

MUELLER, S. **Relatório Especial IHS Química: Estudo de Mercado, Lubrificantes no Brasil**. São Paulo, 2013.

OLIVEIRA, J. M.; CUNHA, C. O. M. **Gerenciamento de Resíduos em Oficinas Automotivas**. Rio Grande do Sul: SENAI, 2007.

PEDROSA, D. S.; SANTOS, L.A.; FERREIRA, E.P. **Aspectos legais relativos ao processo de logística reversa**. 1. ed. Recife: EDUFRPE, 2015. 455p. E-Book: ISBN: 978-85-7946-196-5. Disponível em: <<http://www.epersol.com/e-books.html>>. Acesso em: 08 de maio de 2018.

SECRON, M. B.; GIORDANO, G.; BARBOSA FILHO, O. **Controle da poluição hídrica gerada pelas atividades automotivas**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

SILVEIRA, C. H. M.; SANTANA, E. B.; SILVA, F. A. S. **Gerenciamento do Óleo Lubrificante Usado e Contaminado**. 2 ed. Recife: EDUFRPE, 2017. 392p. E-Book: ISBN: 978-85-7946-287-0. Disponível em: <<http://www.epersol.com/e-books.html>>. Acesso em: 08 de maio de 2018.

SILVA, F.G. S; SILVA, R. G. **Logística Reversa: Um estudo comparativo do destino de óleos e lubrificantes usados/contaminados (OLUC) em dois postos de combustíveis na região metropolitana de Natal/RN**. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Belo Horizonte/MG, 2014.

SOHN, H. **Gerenciamento de Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados**, São Paulo, GMP/SENAI, 2011.

VALENTE, A. C. M. **Proposta da aderência de um sistema de gestão ambiental em uma oficina mecânica**. 2003.91 f. Dissertação (Mestrado em Gestão estratégica e Qualidade) – Universidade Cândido Mendes, Rio de Janeiro, 2003.

5.2. CARACTERIZAÇÃO DE UM RESÍDUO PROVENIENTE DA QUEIMA DE ÓLEO COMBUSTÍVEL DE TERMOELÉTRICA LOCALIZADA EM JOÃO PESSOA – PB

SALGADO, Júlia Barbosa de Almeida
Universidade Federal de Pernambuco
juliaquimica@gmail.com

BENACHOUR, Mohand
UFPE
mbena@ufpe.br

BARBOSA, Celmy M^a Bezerra de Menezes
UFPE
celmy@ufpe.br

SILVA, Valdinete Lins da
UFPE
leaq_val@yahoo.com.br

RESUMO

A utilização de óleo combustível em termoeletricas gera borras oleosas, que devem ser posteriormente tratadas. Este estudo visou à caracterização tanto física quanto química de uma borra oleosa, com ênfase nas concentrações de HPA. Foram realizadas as seguintes análises: análise elementar (percentuais de carbono, nitrogênio, oxigênio, enxofre), teor de cinzas, pH e teor de metais e quantificação das concentrações de HPA na amostra. Os valores dos percentuais do carbono, nitrogênio, oxigênio e enxofre são superiores aos encontrados na literatura para outros tipos de borra bem como as concentrações iniciais de HPA, que neste trabalho foi de $293,56 \pm 0,77(\text{mg.kg}^{-1})$.

PALAVRAS-CHAVE: Geração energia, borras oleosas, HPA.

INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira, embora em busca de alternativas mais renováveis, ainda é dependente da geração de energia elétrica por empreendimentos hídricos. Porém este tipo de geração é completamente dependente do clima e da oferta de chuvas. Assim como alternativa a períodos de grande estiagem e consequentemente baixa nos grandes reservatórios usados para geração de energia o Governo Brasileiro optou pelo uso de termoeletrônica, sendo as mesmas a segunda principal fonte de geração de energia elétrica no Brasil (BRASIL, 2014).

Dados da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, mostram que fontes fósseis são responsáveis pela geração de 16,00 % da energia utilizada no Brasil, deste percentual, 6,6% vêm da utilização direta de combustíveis derivados de petróleo, sendo especificamente 2,81 % de óleo combustível (ANEEL, 2018). O uso deste material em termoeletrônicas é responsável por geração de borras oleosas, cuja composição é muito variada, mas contém grandes quantidades de compostos orgânicos complexos.

Assim, este trabalho visou caracterizar física e quimicamente essa borra, através de análise elementar (percentuais de carbono, nitrogênio, oxigênio, enxofre), teor de cinzas, pH, e teor de metais e com ênfase na concentração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HPA.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O óleo combustível é uma mistura complexa de correntes provenientes do processamento de petróleo que utiliza como base o resíduo de destilação a vácuo (RV) (PETROBRAS, 2013). O RV é constituído de hidrocarbonetos de elevados pesos molecular, conta com uma razoável concentração de impurezas. Conforme as suas especificações pode ser vendido como óleo combustível, e utilizado para geração de energia térmica em fornos e caldeiras (MARIANO, 2001).

A classificação dos óleos combustíveis em relação às suas propriedades físico-químicas levam em consideração: Teor de Enxofre: ATE – (Alto teor de enxofre) $< 2,5\%$; e BTE – (Baixo teor de enxofre) $< 1,0$ e quanto ao ponto de fluidez: BPF- baixo ponto de fluidez e APF - alto ponto de fluidez. A utilização do tipo de óleo varia de acordo com a aplicação desejada (GARCIA, 2002; PETROBRAS, 2013).

As borras oleosas geradas nos processos produtivos, principalmente na indústria petrolífera, geralmente são destinadas a serem encapsuladas, incineradas ou utilizadas em coprocessamento. No primeiro caso há formação de grandes volumes dos produtos gerados pelo encapsulamento. Quando se emprega o processo de incineração não há garantia de destruição dos compostos recalcitrantes tais como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos-HPA que apresentam combustão incompleta ou são expelidos na forma gasosa (MELO et al., 2013).

Em termoeletrônicas movidas a óleo combustível, há uma grande geração de borras oleosas. Para França (2015), acompanhou a geração de efluentes e borra de uma termoeletrônica localizada em Manaus-AM (Brasil), onde o consumo médio anual de óleo combustível entre os anos de 2009 e 2014 foi 9.000 toneladas/ano com geração média de 6,67 kg de borra por tonelada de óleo consumido (FRANÇA, 2015). Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), exposto na norma NBR 10004 (2004), tais resíduos são classificados como resíduos perigosos – classe I (PEREZ et al., 2014).

Este material é rico em frações orgânicas aromáticas, dentre eles os HPA. Estes contaminantes são formados a partir da queima de derivados de petróleo e gás, carvão, madeira, óleo combustível ou outros compostos orgânicos, como resíduos. Outra fonte produtora destes compostos são processos industriais, tais como os da produção de aço e alumínio e também os provenientes de incineradores de resíduos e rejeitos industriais ou da produção das atividades petroquímicas (AZEVEDO, ARAÚJO, SILVA, 2013). Podem também ser provenientes de fontes

naturais como bactérias, fungos e plantas e dos como vulcões e incêndios (BERNARDO et al., 2016). As emissões de tais processos resultam em uma mistura composta por uma grande variedade de HPA's com concentrações diversas; (MEIRE; AZEVEDO; TORRES, 2007; LI et al., 2014).

HPA's podem ser bioacumulados em solos e água (HEINTZMAN et al., 2015), em manguezais próximos a zonas densamente povoadas ou áreas industriais (LI et al, 2014), sendo verificado que tais de HPA's tanto no solo como nas plantas dos manguezais(a mais alta de 4480 ng .g⁻¹). No Brasil, região sul, Assunção et al (2017) estudaram três manguezais distintos sendo verificado concentrações de HPAs variando de 6,8 ng.g⁻¹ a 427,3 ng.g⁻¹. Maciel et. al. 2015 estudaram a contaminação de HPA's no estuário do rio Capibaribe, Pernambuco, Brasil, sendo encontradas as maiores concentrações (> 300 ng.g⁻¹). Estes estudos demostram a capacidade de acumulação destes contaminantes em ambientes aquáticos e nos seus sedimentos.

Estudos mostram que estes contaminantes são encontrados em diversas matrizes tais como: solos contaminados com petróleo (MATER et al., 2007), borra, água usada na produção de petróleo (ROCHA, 2010), Fração solúvel do petróleo (SOUZA, 2011).

A resolução CONAMA nº 420 de 28 de dezembro de 2009 (CONAMA, 2009) estabelece parâmetros para estes contaminantes em solos, determinados os valores de referência bem como os valores de investigação para áreas agrícolas, residenciais e industriais. Nesta resolução estão determinados valores de monitoramento para alguns HPA em solos urbanos, agrícolas e industriais.

METODOLOGIA

A borra utilizada no estudo foi coletado em uma empresa especializada em tratamento de resíduos localizada em João Pessoa - PB. Os resíduos foram provenientes da queima de óleo combustível usados em termoelétricas para geração de energia. Nos resíduos foram avaliados as características físicas e químicas tais como: análise elementar (percentuais de carbono, nitrogênio, oxigênio, enxofre) , teor de cinzas, pH, Metais e Concentração inicial de HPA's.

Para a determinação dos percentuais de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N), enxofre (S) e oxigênio (O) denominado de (CHNOS), na borra foi realizada a análise elementar (PROTÁSIO et al., 2013). O teor em (%) de oxigênio foi calculado através do balanço de massa apresentado na equação 1:

$$\text{Teor de O}(\%) = (100 - (\% C + \% H + \% N + \% S + \% CZ))$$

Esta análise foi realizada pesado aproximadamente 3 mg em uma cápsula de estanho da amostra da borra, sendo então colocada no amostrador automático do equipamento (pela técnica de combustão a seco). O equipamento utilizado foi um analisador modelo EACHNS-O 1110 series, marca Thermo Quest CE Instruments, sendo usado o hélio como gás de arraste a uma vazão de 130 mL/min e O₂ como gás de queima a uma vazão de 300 mL/min. Sendo a temperatura do reator de 1000°C por 420 segundos em ar sintético. A análise elementar foi realizada na central analítica, do departamento de Química Fundamental da UFPE.

O teor de cinzas foi realizado baseado na metodologia NBR ABNT 9842. Inicialmente foi realizado a tara do cadinho a ser utilizado no procedimento. O mesmo foi mantido em mufla por um período de 6 horas, após este período e resfriamento da mufla a 100°C, retirou-se o cadinho para um dessecador e após o resfriamento a temperatura ambiente o mesmo foi pesado. Sendo repetido o procedimento até estabilização da sua massa. Foi então pesado 10 g da amostra e colocado na mufla por um período de 6 horas, após este período, a amostra foi pesada e o procedimento repetido até estabilização da massa, o que ocorreu em um período que totalizou de 12 horas.

O teor de cinzas foi então calculado pela equação 2:

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{n}{M} \times 100$$

Sendo:

n: massa da cinza;

M: massa da borra.

A quantificação do teor de metais foi via de Espectroscopia de Plasma acoplado por indução-ICP, para tanto a amostra foi submetida a um pré-tratamento. Foi pesado 0,5 g da amostra em estudo e adicionado a mesma 0,58 g de permanganato de potássio, sendo realizado a homogeneização dos dois a 150°C sendo adicionado 1 ml de ácido sulfúrico concentrado até que o vapor cinza deixar de ser liberado (indicativo de liberação de SO₃). A amostra foi resfriada e então adicionado 2 ml HNO₃ sendo agitado (vapor marrom avermelhado será liberado- indicativo da presença de NO₂). Após novo resfriamento foi adicionado 10 ml de HCl concentrado e completado o volume para 100 ml e então realizado a leitura em ICP. A análise de metais foi realizada através de Plasma acoplado por indução –ICP, em um equipamento do ICP OES da Perkin Elmer, modelo Optima 7300.

O potencial Hidrogeniônico (pH) - O pH foi calculado partindo de 50g de amostra. Foi adicionado então 50 mL de água a amostra e esta ficou sob agitação por 1 hora. Após este período foi medido o pH da parte aquosa.

Para a identificação e quantificação dos HPA's via cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC/MS)foi adquirida uma amostra padrão com o mix dos 16 HPA's prioritários (AccuStandart, lote 212051400, validade maio de 2022) cuja concentração era 2 mg.mL⁻¹. A partir deste mix foram realizados diluições com diclorometano e foi então construída a curva analítica nas concentrações de: 0,6; 1,0; 1,6; 2,0; 2,6; 3,0 e 3,6 mg.L⁻¹. Para quantificação dos HPA, a metodologia utilizada foi a USEPA 8270-D sendo usado um CG_EM, modelo SHIMADZU, modelo QP2010 Plus, sendo usado a técnica de monitoramento de íon seletivo (SIM) e modo de varredura (SCAN) para identificação e quantificação dos HPA.

A extração dos HPA dos resíduos foi seguida a metodologia da EPA 3550c, que utiliza a extração líquido-sólido (ELS) por ultrassom. Para a extração foi utilizado 50 ml de uma mistura 1:1 de hexano /acetona, e 0,300 g da amostra. A amostra foi colocada em um envelope preparado com papel de filtro e submetida ao processo de extração por um período de 1 hora a 60 °C. O extrato assim obtido foi levado ao rotaevaporador até o mesmo ser reduzido a 2ml. Foi preparada uma coluna clean up com a finalidade de remover substancias co-extrativas presentes no extrato. A coluna foi montada sendo adicionado na parte inferior com lã de vidro, seguido por uma coluna de 2 cm de sulfato de sódio anidro calcinado, sílica gel lavada(5 cm), sílica básica (1,5 cm), sulfato de sódio anidro calcinado (1,0 cm) e sulfato de cobre calcinado (0,5 cm), adicionado na parte superior da coluna. Esta coluna foi lavada com 10 mL de mistura de eluição(70% v/v de hexano + 30% v/v diclorometano). O extrato rotaevaporado foi passado na coluna, sendo o balão lavado duas vezes com 5 ml da solução de eluição. O novo extrato obtido foi então levado ao rotaevaporador até ser obtido 1 ml do extrato. O extrato foi aferido num balão para um volume de 5 mL, com diclorometano e então acondicionado em geladeira para posterior quantificação no GC-MS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise elementar e teor de cinzas para a borra em estudo (Tabela 1).

Tabela 1. Analise elementar e cinzas

Elemento	%

Carbono	63,90
Hidrogênio	8,55
Oxigênio	25,38
Nitrogênio	0,15
Enxofre	2,02
Cinzas	8,86

Verifica-se (Tabela 1), que os valores de carbono, hidrogênio, nitrogênio, são inferiores aos percentuais apresentados na análise elementar do petróleo (C_83-87%; H_11-14%; N_0,11-1,7%; O_0,1-2-%) (THOMAS, 2011), que pode apresentar pequenas variações na sua composição química bem como pequenas diferenças nas suas propriedades físicas devido a sua composição elementar (MISITI; TEZEL; PAVLOSTATHIS, 2013). No entanto os valores encontrados na análise elementar são coerentes já que a borra em estudo trata-se de um material que já passou por um processo de queima em turbinas para geração de energia. Estes teores são inferiores aos encontrados por Lima, 2014 para resíduo de vácuo que foram de C: 85,51; H:9,64 ; N: 3,88 S: abaixo do limite de detecção.

Em relação ao alto teor de enxofre, que para o resíduo em estudo é de 2,02 % , este valor elevado pode ser atribuído à borra ser proveniente da queima de óleo combustível, cujo teor de enxofre admitido pela ANP é de até 2,5% (PETROBRAS, 2013). Este parâmetro deve ser considerado no caso de queima deste material devido a liberação de SO_x para atmosfera.

Em relação ao teor de cinzas, foi obtido um percentual de 8,86 % do material calcinado em relação à borra, indicando que a matéria orgânica contida na amostra foi consumida no processo. Este valor corrobora com os valores encontrados na análise elementar, pois a borra em estudo já foi submetida a processos térmicos em caldeira para geração de energia. O valor encontrado apresenta-se inferior ao determinado por Guimarães (2016) para borra de petróleo que foi de 16,83 %.

As concentrações dos principais metais presentes na amostra são mostradas (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de metais na borra

Metal	Concentração (g. kg⁻¹)
Alumínio (Al)	13,19
Cálcio (Ca)	12,72
Chumbo (Pb)	0,34
Cobalto (Co)	0,14
Cobre (Cu)	0,30
Cromo (Cr)	0,75
Ferro (Fe)	36,28
Magnésio (Mg)	3,00
Manganês (Mn)	25,08
Níquel (Ni)	0,74
Potássio (K)	96,61
Sódio (Na)	27,23
Zinco (Zn)	16,03

Os metais estão presentes no petróleo tanto dissolvidos na água emulsionada, como na composição de complexos organometálicos, sendo que estes tendem a se concentrar nas frações mais pesadas do petróleo. Os mais facilmente encontrados são: ferro, zinco, cobre, chumbo, molibdênio, cobalto, arsênico, manganês, cromo, sódio, níquel e vanádio (THOMAS, 2011). Verifica-se que as maiores concentrações são encontradas para potássio ($96,61 \text{ mg. kg}^{-1}$) e ferro ($36,28 \text{ mg. kg}^{-1}$). Estes valores se mostram inferiores aos encontrados por Rocha (2010), para borra proveniente de armazenamento de petróleo em tanques e por Guimaraes (2007). Esses autores analisaram a borra de tanques de petróleo, e o presente trabalho analisou o resíduo do óleo combustível, assim resultados inferiores já eram esperados, por este óleo ser uma das várias frações do petróleo. Verificou-se também a presença de metais devem ser monitorados.

Na amostra de borra em estudo foi determinado um valor de pH de 6,2, assim tal amostra encontra-se próximo a faixa de pH neutro. Este valor é próximo ao verificado por Guimarães (2016) que foi de 6,0. (ABNT, 2004) classifica o resíduo como sendo não corrosivo na faixa onde o pH apresenta- A NBR 10004 se entre $2 \leq e \leq 12,5$.

Na tabela estão representados os valores médios das concentrações após a extração dos HPA na amostra de borra sem tratamento, as amostras foram feitas em triplicata (Tabela 3).

Tabela 3. Quantificação iniciais dos HPA's

HPA	Concentração (mg.kg^{-1})	Σ
Naftaleno	37,88	$\pm 1,14$
Acenaftileno	52,04	$\pm 13,60$
Acenafteno	99,87	$\pm 9,99$
Fluoreno	21,87	$\pm 1,63$
Fenantreno	21,22	$\pm 2,29$
Antraceno	8,24	$\pm 1,09$
Fluoranteno	7,48	$\pm 1,63$
Pireno	7,99	$\pm 0,17$
Benzo(a)antraceno	5,92	$\pm 0,18$
Crizeno	8,22	$\pm 4,15$
Benzo(b)fluoranteno	6,54	$\pm 0,77$
Benzo(k)fluoranteno	3,62	$\pm 0,34$
Benzo(a)pireno	4,20	$\pm 1,12$
Indeno(1,2,3-cd)pireno	1,76	$\pm 0,12$
Dibenzo(a,h)antraceno	2,39	$\pm 0,24$
Benzo(g,h)perileno	4,32	$\pm 0,50$
Σ HPA	293,56	$\pm 0,77$

Os valores das concentrações de HPA's estão acima do determinado por alguns autores para as frações de petróleo ou solos contaminados. Estes percentuais, são superiores aos resultados obtidos por Souza (2011) que estudou frações de petróleo em solo, e determinou um percentual total de HPA de $242,29 \text{ mg.kg}^{-1}$. Já Rocha (2010), determinou um percentual total de HPA de $293,56 \text{ mg.kg}^{-1}$ em amostra de borra depositada nos tanques de armazenamento de petróleo, e determinou as maiores concentrações dos HPA's para os de menor massa molecular (do naftaleno ao antraceno).

Vale ressaltar que o óleo combustível processado a partir do petróleo é proveniente do resíduo de vácuo, ou seja, este combustível já é um material com percentuais de hidrocarbonetos pesados, já que na operação de refino os compostos mais leves saíram para formar outros produtos da refinaria.

Assim, quando a borra é submetida a um processo de combustão podem ser fontes de contaminação de solos e águas, já que os HPA são substâncias de difícil degradação e recalcitrantes.

CONCLUSÕES

No Brasil não há legislação específica para borra oleosa, nem as provenientes dos tanques de petróleo nem tão pouco de outras fontes geradoras desses materiais da indústria petrolífera. Os resultados obtidos no presente trabalho mostram a necessidade de acompanhamento e monitoramento dos compostos constituintes desse material, bem como estudos sobre tratamentos e eficiência destes para a destruição ou controle dos resíduos considerados perigosos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Coletânea de Resíduos sólidos** NBR's 10004, 10005, 10006 e 10007. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Produtos de petróleo - Determinação do Teor de Cinzas**: NBR 9842. Rio de Janeiro, 2001.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, 2018. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>> Acesso em: 25 de abri. de.2018.

ASSUNÇÃO, M. A.; FRENA, M.; SANTOS, A. P. S.; MADUREIRA, L. A. S. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments collected from mangroves with different levels of urbanization in southern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, n. 119, p. 439-445, 2017.

AZEVEDO J. A. ARAÚJO, H.; R. S.; SILVA, G. M. M. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos atmosféricos de fontes automotivas: Uma breve revisão , **HOLOS**, v.1 p. 102-114, 2013.

BERNARDO, D. L.; BARROS, K. A.; SILVA, R. C.; PAVÃO, A. C. Carcinogenicidade de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. **Química Nova**, v.39, n. 7, p. 789-794, 2016.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº420, de 28 de junho de 2009. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas**. Publicado no DOU nº 249, de 30/12/2009, págs. 81-84, 2009.

BRASIL. Governo Federal, 2014. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/fontes-hidraulicas-geram-a-maior-parte-da-energia-eletrica>>. Acesso 23 de abril. 2018.

FRANÇA, A. J.. **Influência do efluente gerado por uma termoeletrica lançado em um corpo d'água - estudo de caso**. Dissertação de Mestrado, UFPA, Belém-PA, 2015.

GARCIA, R. **Combustíveis e Combustão Industrial**, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2002.

GUIMARÃES, A. K. V.; CHIAVONE-FILHO, O.; NASCIMENTO, C. A. O.; TEIXEIRA, A. C. S. C. Estudo da caracterização da borra de petróleo e processo de extração do óleo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21 n. 2, p. 1-10, 2016.

GUIMARAES, A. K. V. **Extração do óleo e caracterização dos resíduos da borra de petróleo para fins reuso**. Dissertação de Mestrado, Natal –RN, 2007.

HEINTZMAN, L. J.; ANDERSON, T. A.; CARR, D. L.; CINTYRE, N. E. Local and landscape influences on PAH contamination in urban stormwater. **Landscape and Urban Planning** ,n.142 p. 29–37, 2015.

- LI, F.; ZENG, X.; YANG, J.; ZHOU, K.; QIJIE ZAN, Q.; ANPING LEI, A.; TAM, N. F. Y. Contamination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments and plants of mangrove swamps in Shenzhen, **China. Marine Pollution Bulletin**, n. 85, p. 590-596, 2014.
- MARIANO, J. B. **Impactos Ambientais do Refino de Petróleo**. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro, 2001.
- MACIEL, D.C.; SOUZA, J. R. B.; TANIGUCHI, S.; BÍCEGO, M. C.; ZANARDI-LAMARDO, E. Sources and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in a an urbanized tropical estuary and adjacent shelf, Northeast of Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, n.101 p. 429–433, 2015.
- MATER, L.; ROSA, E. V. C.; BERTO, J.; CORRÊA, A. X. R.; SCHWINGEL, P. R.; RADETSKI, C. M. A simple methodology to evaluate influence of H₂O₂ and Fe²⁺ concentrations on the mineralization and biodegradability of organic compounds in water and soil contaminated with crude petroleum, **Journal of Hazardous Materials**, v. 149 , p. 379–386, 2007.
- MEIRE, R. O.; AZEVEDO, A.; TORRES, J. P. M. Aspectos ecotoxicológicos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n.2, p.188-201, 2007.
- MELO, P. M. G.; CORIOLANDO, A. C. F.; ARAÚJO, A. S. Análise e proposta de destinação de resíduo de petróleo, borra oleosa e seu impacto no meio ambiente. **Revista eletrônica :Educação Ambiental em Ação**, n.43, 2013. Disponível em :<<http://www.revistaea.org>> Acesso em 21 de ago. 2014.
- MISITI, T.; TEZEL, U.; PAVLOSTATHIS, S. G. Fate and effect of naphthenic acids on oil refinery activated sludge wastewater treatment systems. **Water Research** n.47, p. 449-460, 2013.
- PEREZ, I. C.; CORRÊA, R. G.; CRUZ, M. T.; PIRES, J. L.; Oficinas mecânicas e lava a jato: orientações para o controle ambiental, Rio de Janeiro: INEA, 201 4.ed.48 p.: il (Gestão ambiental, 8). Disponível em< www.inea.rj.gov.br >, Acesso em : 30.07.2014.
- PETROBRAS, Petróleo Brasileiro S.A. **Óleo Combustível, Informações Técnicas**, 2013. Disponível em < <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-tecnico-oleo-combustivel-assistencia-tecnica-petrobras.pdf> > acesso em 10.11.2014.
- PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; GUIMARÃES JUNIOR, M.; TONOLI, G. H. D.; TRUGILHO, P. F. Técnicas multivariadas aplicadas à avaliação de resíduos lignocelulósicos para a produção de bioenergia. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 4, p. 771-781, 2013.
- ROCHA, O. R. S.; **Avaliação de diferentes processos oxidativos avançados no tratamento de resíduos de petróleo**, Tese de doutorado, Natal -RN, 2010.
- SHIH, Y.; BINH, N. T. ; CHEN, C. W.; CHEN, C. F.; DONG, C. D. Treatability assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons contaminated marine sediments using permanganate, persulfate and Fenton oxidation processes. **Chemosphere**, v.150 p. 294-303, 2016.
- SOUZA, R. C. R. Contaminantes Emergentes: detecção de histamina em solução aquosa e degradação dos hidrocarbonetos policíclicos aromaticos (HPA) da fração solúvel do petróleo bruto utilizando processos oxidativos avançado. **Tese de Doutorado, UFPE, Recife-PE. 2011.**

5.3. ADITIVO INCORPORADOR DE AR PARA CONCRETO À BASE DO ÓLEO DE FRITURA RESIDUAL COLETADO NA CIDADE DE PALMEIRA DOS ÍNDIOS-AL

SILVA, Rodrigo Mero Sarmiento da
Instituto Federal de Alagoas (IFAL)
rodrigo.mero@gmail.com

MELO, Amanda Lys Matos dos Santos
IFAL
amandalys.eng@gmail.com

DUARTE, Filipe da Silva
IFAL
duartesfilipe@hotmail.com

RESUMO

A importância do desenvolvimento de alternativas eficientes e sustentáveis para os produtos de alta toxicidade existentes no mercado da construção civil é um dos temas mais relevantes da Ciência e Engenharia de Materiais em todo o mundo. Dentro dessa realidade estão os aditivos para concretos e argamassas, que apesar de serem produtos amplamente utilizados, ainda são produzidos sem levar em consideração os impactos ambientais que suas substâncias causam ao meio ambiente. Um aditivo cada vez mais em foco é o aditivo do tipo incorporador de ar para concretos, que produz concreto com o peso específico substancialmente reduzido, gerando grande economia em obras. A formulação desse tipo de aditivo atualmente presente no mercado é embasada em materiais tóxicos que agredem o meio ambiente. Assim, o presente trabalho propôs elaborar e analisar uma alternativa à base do óleo de fritura residual, que foi coletada na cidade de Palmeira dos Índios - AL, no nordeste do Brasil. Foi possível desenvolver um aditivo capaz de apresentar um teor de ar incorporado relevante e de grande aplicabilidade, sendo esse processo descrito através de análises de propriedades físicas do concreto em estado fresco, a fim de analisar a qualidade em relação aos padrões contidos na literatura e assim poder contribuir com a evolução eficiente, econômica e sustentável da construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos; Construção Civil; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Desde o surgimento do concreto convencional, até o início da década de 1980, esse material permaneceu como uma mistura de aglomerante, agregados e água, sem muitas novidades que pudessem melhorar consideravelmente a composição e suas propriedades. Porém, nos últimos anos, com o progresso da tecnologia, o concreto passou por algumas transformações em função da evolução dos mecanismos e equipamentos. Assim, viabilizou estudos mais aprimorados de sua microestrutura e em específico, o campo de interação entre a matriz e o agregado. A utilização de novos materiais na formação desse compósito também integra a sucessão de incrementos realizados em termos de concreto especial. Pode-se destacar a importância dos aditivos e adições diversas, possibilitando mudanças significativas nas propriedades mecânicas e na durabilidade dos concretos (Pereira, 2008).

O aditivo incorporador de ar pode ser indicado como um dos amplos avanços na tecnologia do concreto. Foi desenvolvido para introduzir no concreto bolhas de ar microscópicas. Essas bolhas aperfeiçoam substancialmente a durabilidade dos concretos submetidos a etapas de congelamento e descongelamento, possibilitando maior trabalhabilidade a ele no estado fresco (Kosmatka et al., 2003). A ocorrência das bolhas de ar incorporado se preserva esféricas, devido à tensão superficial, ocasionando na melhoria da trabalhabilidade. Logo, as bolhas exercem sua função como um agregado miúdo com baixo atrito superficial e alta elasticidade. A massa de concreto passa a agir como se existisse um excesso de agregado miúdo (Kosmatka et al., 2003).

O destino inadequado dos resíduos sólidos tem se tornado um problema ambiental cada vez maior, colocando em discussão a importância do desenvolvimento sustentável e o correto direcionamento de resíduos. De acordo com dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2017), apenas 13% dos resíduos sólidos urbanos e industriais são reciclados e 14% da população brasileira são atendidas pela coleta seletiva (IBGE, 2017). Refletindo sobre essa problemática, um exemplo a ser evidenciado é o descarte e tratamento incorreto dos resíduos sólidos, com ênfase no óleo oriundo de frituras. Esse resíduo é um dos maiores poluidores de águas doces e salgadas das regiões mais adensadas do Brasil. Embora descreva uma proporção ínfima do lixo, o seu impacto ambiental é muito amplo. (ECÓLEO, 2011).

Uma grande dificuldade é a destinação errada, dada ao óleo de cozinha, pois em contato com a água dos rios, lagos e mares cria um obstáculo que dificulta o acesso de luz e a oxigenação da água, afetando negativamente assim, a base da cadeia alimentar aquática, auxiliando para a ocorrência de enchentes, além de conceder o entupimento de tubulações de esgoto (REVISTA PLANETA CIDADE, 2007). “A consciência ambiental requer um enfoque multidimensional, produzindo nos indivíduos um conjunto de atitudes e sentimentos que aproxime da ação coletiva, da cooperação e da mobilização para resolver os problemas socioambientais.” (ARAUJO et. al, 2015).

Pode-se entender que o setor industrial produtor do aditivo incorporador de ar é deficiente quanto à preocupação ambiental, pois utilizam em seu processo de fabricação diversos produtos químicos tóxicos. Partindo dessa problemática, esse trabalho teve como objetivo desenvolver um aditivo incorporador de ar à base do óleo de fritura residual, buscando atender as necessidades do mercado da construção civil de maneira econômica e sustentável, proporcionando a esse resíduo um destino adequado e o seu retorno a uma cadeia produtiva com a potencialidade de ser utilizado como matéria-prima.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Impactos ambientais causados pelo óleo de fritura residual

Segundo Santos (2009, p.29) “No Brasil são descartados nove bilhões de litros de óleo de cozinha por ano, mas apenas 2,5% de todo esse óleo de fritura é reciclado, ou seja, separado, coletado, filtrado e reinserido na cadeia produtiva.”.

O óleo de cozinha jogado diretamente na pia pode prejudicar o meio ambiente. “Outros fatores decorrentes da deposição irregular de resíduos em corpos d’água em grandes centros urbanos surgem sob a forma de inundações, degradação da paisagem urbana e contaminação dos recursos hídricos com danos à vida aquática.” (Guedes et. al, 2018).

Segundo Da Costa et. al (2015), a atuação do ser humano deve ser somada as ações coletivas na busca de possibilidades de soluções para os diversos tipos de problemas ambientais que são muito frequentes. De acordo com Nelson Mandela, a educação é o instrumento com maior potencial transformador da sociedade (Gomes, 2017), formando assim uma ferramenta com capacidade de garantir a segurança ambiental para as futuras gerações, sendo ferramenta catalisadora da mudança comportamental dos indivíduos e consequentemente, modificando a maneira que o ser humano se relaciona com o meio ambiente. “Por expor um potencial de sérios riscos à saúde dos indivíduos e ao meio ambiente, as atividades da sua gestão carecem de organização e controle do descarte.” (Silva et. al, 2017).

Contudo, essa situação vem melhorando, “É comum já encontramos instituições de ensino inserindo o tema de educação ambiental entre as disciplinas ministradas, além de desenvolverem e estimularem a prática de atitudes sustentáveis.” (NERI et. al, 2018). Isso mostra um ganho no teor de valorização das questões ambientais no Brasil.

Concretos com ar incorporado

O concreto é formado através de uma mistura de agregados, Cimento Portland e água. O aglomerado do cimento á água resulta em uma pasta que contorna as partículas dos agregados, propiciando um material que, é apto em se moldar à diversas formas. A eficiência mecânica da mistura formada, adquirida ao longo dos dias por meio das reações de hidratação do cimento, conclui ao composto em estado endurecido um excelente desempenho estrutural (HELENE; ANDRADE, 2007).

O concreto incorporado com ar apresenta bolhas em sua estrutura de ar finamente espaçadas. Diferente dos outros poros presentes no concreto, a presença das bolhas traz importantes benefícios ao concreto, em seu estado fresco e endurecido (KOSMATKA et al., 2003).

Agentes incorporadores de ar

Os agentes incorporadores de ar e redutores de água podem ser indicados como tensoativos. Esses compostos apresentam em sua estrutura molecular associações com características antagônicas. Assim, nas suas moléculas, há um agrupamento polar que possui identidade com água, chamado hidrófilo, e outro que não apresenta afinidade, chamado hidrófobo. A desigualdade entre incorporar ar ou diluir o sistema é apresentada de acordo com a orientação da molécula (MEHTA; MONTEIRO, 2006).

Dessa forma, a formação de bolhas de ar microscópicas é constituída quando os tensoativos, que constituem o aditivo, visam sua extremidade hidrófila para a água, reduzindo a tensão superficial e melhorando a formação de bolhas. Esse procedimento impede também que as bolhas se aglutinem, pois essa união se dá por meio da película hidrófila formada ao redor de cada bolha. A superfície hidrófila é dessa forma atraída para os grãos de cimento e agregados carregados absolutamente formando uma ponte agregado-ar-cimento-ar-agregados (EDMEADES; HEWLETT, 1998).

Efeito da Incorporação na trabalhabilidade do concreto

A trabalhabilidade é a facilidade do concreto em ser transportado, adensado, lançado e finalizado. Em concretos mais pobres, para a mesma relação água cimento, a incorporação de ar resulta em uma maior trabalhabilidade, relacionando com a mesma mistura sem o uso do ar incorporado. No entanto, o efeito da incorporação de ar sobre a trabalhabilidade é menor em concretos mais ricos (CALDARONE, 2009).

Segundo Silva et. al (2018), é notável que quanto maior a dosagem do aditivo incorporador de ar, maior será o abatimento, caracterizando um concreto mais fluido. Essa singularidade está relacionada à presença de micro bolhas que atuam na dispersão das partículas sólidas do concreto, facilitando a o aumento da plasticidade do concreto fresco.

METODOLOGIA

Coleta e armazenagem do óleo

O óleo de cozinha utilizado nesse trabalho foi coletado de residências da cidade de Palmeira dos Índios - AL. No intuito de conscientizar a população sobre a destinação correta desse tipo de resíduo sólido, foi solicitado a alguns moradores, de localidades próximas ao IFAL, a armazenagem do óleo utilizado em suas residências. Em seguida, foi feita a coleta desse óleo para posterior uso em laboratório.

Produção de um detergente a partir do óleo de fritura residual

Para a produção de um sabão líquido a partir do óleo, optou-se por utilizar o resíduo sem tratamento, apenas passando por um tempo de 10 horas de decantação das partículas sólidas provenientes de restos de alimentos nos quais o óleo foi utilizado para fritura. Dessa forma, trabalhou-se com o resíduo da maneira mais ambientalmente limpa possível, uma vez que não se fez a utilização de filtros para limpeza desse óleo.

Os sabões são produzidos a partir dos óleos pelas reações de saponificação que é uma reação de neutralização. Essa reação do óleo com solução aquosa de álcali resulta na formação de glicerol e em uma mistura de sais alcalinos de ácidos graxos (RIBEIRO; SERAVALLI, 2001). A produção de sabão é um dos procedimentos que vem se destacando e recebendo espaço cada vez maior uma vez que é um processo simplificado e economicamente viável (SEGUNDO; BIZERRA, 2014). No que compete a utilização de óleo de fritura residual, Além de ser uma possibilidade viável, colabora no sentido de atenuar o impacto do descarte inadequado desse tipo de resíduo no meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2014).

Para produção do detergente líquido a partir do óleo de fritura residual, foi misturado em um Becker o óleo com álcool etílico, solução de hidróxido de sódio e água.

Elaboração do aditivo à base do óleo

O modelo de aditivo utilizado foi produzido a partir de reações ácido-base em contato com o detergente produzido, a fim de se reter o CO₂ liberado pelas reações, criando assim uma estrutura aerada interna ao concreto, sendo então um concreto classificado como leve, por ter sua massa específica reduzida.

Análises de desempenho do aditivo elaborado

Para a análise de desempenho do aditivo elaborado à base de um óleo de fritura residual, foram moldados 12 corpos de prova cilíndricos 10x20 cm, em que 6 foram preenchidos com concreto convencional e 6 com o mesmo concreto utilizando o aditivo. O traço utilizado foi de 30 MPa, dosado segundo as especificações da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), no intuito de se obter um concreto com ampla aplicabilidade. A proporção de aditivo se deu sobre a massa do cimento utilizada, sendo de 0,45% da massa do cimento. Além disso, foi realizado o ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test), como forma de verificar a trabalhabilidade do concreto aditivado em seu estado plástico, buscando medir sua consistência. É possível observar o processo de moldagem de corpos de prova de concreto (Figura 1).

Figura 1: Corpos de prova moldados



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de um detergente a partir do óleo de fritura residual

Os sabões são capazes de diminuir a tensão superficial dos líquidos que entram em contato, diminuindo, dessa maneira, a quantidade de interações entre as moléculas que o constituem (FERNANDES, 2009). Foi produzido um sabão líquido neutro (detergente) à base do óleo de fritura residual.

Elaboração do aditivo à base do óleo de fritura residual

O aditivo produzido foi capaz formar um sistema de micro bolhas com o CO_2 liberado nas reações ácido - base, retido em seu interior de forma parcialmente estável e uniforme, o que proporcionou a capacidade de confecção de um concreto leve utilizando tal aditivo para a redução de sua massa específica (Figura 2).

Figura 2: Detergente à base do óleo de fritura residual



Fonte: Autores

Verificações de desempenho do aditivo produzido

A partir de pesagens dos copos de prova confeccionados para o cálculo da massa específica do concreto simples e do concreto aditivado com o aditivo produzido a partir do óleo de fritura

residual, foi observado um teor de ar incorporado de 8,12% e um ganho de trabalhabilidade representado pelo aumento de 12 milímetros no abatimento mensurado através do ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test), esses procedimentos foram repetidos seis vezes. A massa dos corpos de prova com e sem aditivo e a incorporação de ar obtida com o uso do aditivo (Tabela 1) e a trabalhabilidade relacionados às repetições realizadas (Tabela 2).

Tabela 1: Porcentagem de ar incorporado no concreto

Repetição	Massa concreto sem aditivo	Massa concreto com aditivo	Porcentagem de ar incorporado
1	3779	3444	8,86%
2	3654	3321	9,11%
3	3675	3441	6,37%
4	3677	3399	7,56%
5	3701	3396	8,24%
6	3685	3368	8,60%
Média	3695	3395	8,12%

Tabela 2: Aumento do abatimento do concreto

Repetição	Abatimento concreto sem aditivo (mm)	Abatimento concreto com aditivo (mm)	Aumento do abatimento (mm)
1	100	112	12
2	89	105	16
3	93	101	8
4	95	109	14
5	91	101	10
6	92	104	12
MÉDIA	93	105	12

CONCLUSÕES

A partir do óleo de fritura residual foi possível desenvolver um aditivo capaz de apresentar um teor de incorporação de ar relevante e de grande aplicabilidade, além do ganho substancial na trabalhabilidade do concreto com tal aditivo, o que o faz ter um maior potencial de uso, tendo em vista a demanda de concretos com boa trabalhabilidade em obras de médio e grande porte. Além disso, é possível notar que desenvolver um aditivo à base de um resíduo sólido para concretos, utilizando para a sua fabricação um detergente natural neutro à base do óleo de fritura residual, ao invés dos compostos sintéticos que o mercado vem utilizando é uma inovação tecnológica limpa e sustentável de grande importância para a construção civil. Os resultados obtidos com esse trabalho foram muito expressivos e satisfatórios por aferir o potencial de utilização de resíduos sólidos como alternativa para substâncias químicas tóxicas utilizadas pela indústria. Fecundar o conhecimento e potencializar a inovação para a construção civil de maneira sustentável é o ponto central desse projeto que mira instituir junto à carência de um aditivo sustentável, uma solução eficiente, econômica e que possa substituir os atuais produtos existentes no mercado.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas, pelo amparo, apoio e financiamento desse projeto.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, F. N. F.; ARAUJO V. B.; MARTINS M. F.; BARBOSA M. F. N.. Impactos Socioambientais Provocados Por Resíduos Sólidos Em Terrenos Baldios De Campina Grande-Pb; Um Olhar Fotográfico. In: SANTOS, João Paulo de Oliveira et al. (Org.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1. ed. Recife - PE: EDUFRPE, 2018. p. 104-120. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/hyonelf145oc6zk/ebook_impacto_%20socioamb-min.pdf?dl=0>. Acesso em: 10 maio 2018

COSTA, D. A.; LOPES, G. R.; LOPES, J. R.. Reutilização do óleo de fritura como uma alternativa de amenizar a poluição do solo. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, p. 243-253, 2015.

ECÓLEO: Associação Brasileira para sensibilização, coleta e reciclagem de resíduos de óleo comestível. Disponível em: <<http://www.ecoleo.org.br/reciclagem.html>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

FERNANDES, P. C. A.. **Produção de sabão líquido a partir de óleo alimentar usado**. 2009. 52 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Química)- FEUP, [S.l.], 2009. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60023/1/000136500.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

GOMES, P.. “A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo” - Nelson Mandela. Disponível em: <<https://www.revistaprosaveroearte.com/a-educacao-e-a-arma-mais-poderosa-que-voce-pode-usar-para-mudar-o-mundo-nelson-mandela/>>. Acesso em: 18 maio 2018.

GUEDES, F. L.; GUSMÃO, A. C. S.; SILVA, R. S. O; VASCONCELOS, H. M. S.. Impactos Ambientais Gerados Por Resíduos Sólidos Lançados No Parque Natural Municipal Dos Maguezais Josué De Castro. In: SANTOS, João Paulo de Oliveira et al. (Org.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. Recife - PE: EDUFRPE, 2018. p. 559-570. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/hyonelf145oc6zk/ebook_impacto_%20socioamb-min.pdf?dl=0>. Acesso em: 09 maio 2018.

KOSMATKA, S. H.; KERKHOFF, B.; PARANAENSE, W. C.. Desing e controle de misturas de concreto. 14º ed. Stokie: PCA, 2003.

A ORGANIZAÇÃO Coletiva de Catadores de Material Reciclável no Brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=29271>. Acesso em: 6 fev. 2018.

NERI, J. A.; CARDOSO, M. F. M., ALEXANDRE, J. I. S.. Quantificação E Caracterização Dos Resíduos Sólidos Do Campus II Da Faculdade Asces. In: SANTOS, João Paulo de Oliveira et al. (Org.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. Recife - PE: EDUFRPE, 2018. p. 315-330. Disponível em: <https://www.dropbox.com/s/hyonelf145oc6zk/ebook_impacto_%20socioamb-min.pdf?dl=0>. Acesso em: 09 maio 2018.

PEREIRA, M. R. Estudo da adição de argila expandida na formulação de concretos leves. Dissertação de M.Sc., Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, 2008.

REVISTA PLANETA CIDADE: Meio ambiente inclusão social e consumo consciente. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lei9394.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2018.

SANTOS, R. S. **Gerenciamento de Resíduos** : Coleta de Óleo Comestível. 2009. 30 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Logística com Ênfase em Transporte)- FACULDADE DE TECNOLOGIA DA ZONA LESTE, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/12841301-Gerenciamento-de-residuos-coleta-de-oleo-comestivel.html>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

SEGUNDO, J. F. B.; BIZERRA, A. M. C. **Minimizando impactos ambientais**: Reaproveitamento de óleos e gorduras residuais transformando-os em fonte de limpeza. In: IX congresso de iniciação científica do IFRN tecnologia e inovação para o semiárido, 2014. Rio Grande do Norte. **Anais...** Rio Grande do Norte. [s.n.], p. 1199 – 1205, 2014.

SILVA, C. A. O.; GOMES, P. C. C.; CARNAUBA, T. M. G. V.; FALCÃO, V. B.; JÚNIOR, F. A. V. B.. Influência do aditivo espumígeno na dosagem e nas propriedades do concreto celular aerado. **Matéria (Rio J.)**, Rio de Janeiro , v. 23, n. 1, e-11989, 2018.

SILVA, N.; COLLODETTI, G.; PICHETTI, D.; GLEIZE P. Efeitos do ar incorporado nas propriedades do estado endurecido em argamassas de cimento e areia. Anais do 51º Congresso Brasileiro do Concreto, Curitiba – PR, 2009.

SILVA, L. N. A.; BRAZ, C. O.; PINHEIRO, A. S. F. Confecção De Sabão Caseiro A Partir Do Reaproveitamento Do Óleo De Cozinha Como Ferramentas De Educação Ambiental Em Escolas De Santarém - Pará. **VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental** , Campo Grande - MS, p. 1-5, nov. 2017. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/VII-017.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2018.

5.4. GESTÃO E GERENCIAMENTO DO ÓLEO DE FRITURAS PARA PROCESSOS DE RECICLAGEM NO MUNICÍPIO DE MARECHAL DEODORO – AL

OLIVEIRA, Joseneide Pereira

Instituto Federal de Alagoas
joseneide_oliveira2905@hotmail.com

SANTOS, Josenir Seixas

IFAL
josenirseixas@hotmail.com.br

RESUMO

Este trabalho foi realizado na orla da Praia do Francês em Marechal Deodoro/AL e teve como objetivo ressaltar a importância da Educação Ambiental e a sustentabilidade, na reutilização e reciclagem do óleo de cozinha usado nos bares e restaurantes existentes na região. Procura evitar a poluição e degradação do ambiente com o descarte inadequado do resíduo, retornando ao ciclo produtivo em grande escala. Explora práticas sustentáveis utilizando tecnologias limpas, com a reutilização e reciclagem do óleo de cozinha usado para a produção de sabão líquido. A importância em fazer a coleta do resíduo (óleo) disperso em grande quantidade no meio ambiente, deu-lhe novo destino levando-o para armazenamento e desenvolvimento do projeto numa comunidade. A proposta foi minimizar os impactos negativos naquela região, uma vez que, com o seu retorno ao ciclo produtivo, houve a possibilidade de ganhos com a criação de uma Cooperativa de desenvolvimento de produção de sabão líquido, que gerou emprego para a comunidade de baixa renda e disseminou a conscientização para conservação do meio ambiente cumprindo, assim, o tripé da sustentabilidade.

Palavras-chave: Poluição, Educação Ambiental, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A falta de conscientização e de incentivo público em relação ao descarte de resíduos líquidos, especialmente do óleo de cozinha, usado nos bares da orla da Praia do Francês, tem se tornado um transtorno para o meio ambiente naquele local e para seu ecossistema marinho ao que se pretende desenvolver um projeto para minimizar este impacto negativo, utilizando esse resíduo na fabricação de sabão líquido, em conjunto com a Associação dos moradores do Residencial Dênisson Amorim, em Marechal Deodoro.

O descarte adequado do resíduo produzido tem se tornado um fator de suma importância para a sobrevivência do planeta e, para que seja possível manter a qualidade de vida dos habitantes, deve haver um cuidado, porém, as desigualdades sociais, o crescimento acelerado da população e a concentração econômica colaboram para o aumento do consumo e, conseqüentemente, para o aumento da produção de lixo, contaminando o solo, a água e o ar, causando danos irreversíveis à flora, à fauna e tornando-se uma ameaça à manutenção da saúde pública (AMARAL et al., 2014).

Com o passar do tempo na história da humanidade, o pensamento de crescimento se confunde com o domínio de transformação da natureza. Nesse exemplo, os recursos naturais são vistos como ilimitados. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2014), as empresas devem agir de forma social e ambientalmente responsável em todas as suas atividades produtivas. Neste sentido, deve-se pensar na responsabilidade social e empresarial em adotar princípios e assumir práticas que vão além da legislação, contribuindo para a construção de sociedades sustentáveis.

Este trabalho tem como alvo identificar, através desta pesquisa, uma melhor maneira de se desenvolver um canal de reuso do resíduo de óleo de cozinha, fazendo com que se tenha um destino adequado e, com isso, possa se obter ganhos ambientais e socioeconômicos. Neste estudo, foi avaliada a quantificação do resíduo coletado com a possibilidade de quantificar a produção do sabão líquido, para melhor gerenciamento do fluxo reverso de resíduo do óleo de cozinha, viabilizando a sociedade a geração de empregos, através de práticas sustentáveis na geração de produção mais limpa (P+L). A metodologia utilizada para sua realização consistiu em explorar pesquisas sobre a coleta, armazenamento, reutilização e reciclagem do óleo, visando minimizar os impactos negativos causados pelo óleo residual.

O trabalho foi realizado na orla da Praia do Francês, precisamente na Avenida Verdes Mares em Marechal Deodoro/AL, numa parceria com os proprietários de bares e restaurantes, onde foi recolhido o resíduo do óleo de cozinha proveniente do processo de fritura de cada estabelecimento, para transformá-lo em sabão, através de processos químicos, porém com técnicas de baixo custo. A ideia foi minimizar o impacto negativo naquele complexo turístico e promover a reutilização desse resíduo, através da reciclagem, transformando-o em sabão líquido.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305/ 2010 (BRASIL, 2010), define:

São considerados resíduos sólidos qualquer material, substância, objeto ou bem descartados oriundos de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe a proceder ou está obrigada a proceder nos estados sólidos ou semissólidos. Gases em recipientes também se incluem.

Resíduo pode ser considerado qualquer material que sobra após uma ação ou processo produtivo. Diversos tipos de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) são gerados nos processos de extração de recursos naturais, nos processos de transformação, de fabricação ou no próprio consumo de produtos e serviços. Esses resíduos passam a ser descartados e acumulados no meio ambiente e não causam somente problemas de poluição, mas mostram o tamanho do desperdício da matéria originalmente utilizada (BIODIESELBR, site).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define os resíduos sólidos como qualquer material que não possui valor comercial. Partindo desse pressuposto, pode-se dizer que nenhum resíduo teria outra destinação a não ser o aterro sanitário. Se passarmos a considerar o resíduo não como algo que seja descartado, mas sim como uma matéria-prima já pode pensar de forma diferente e ver que esse resíduo poderá ter outra utilização ou função. Portanto, apenas aquele que realmente não tiver nenhuma condição de se reintegrar em alguma cadeia produtiva, será considerado rejeito (MMA).

Conforme a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) calcula-se que 4 bilhões de litros de óleo de fritura sejam fabricados anualmente no Brasil e, dentre este número, 2 bilhões são descartados e apenas 5% são reciclados anualmente, tanto para uso industrial na fabricação de tintas, vernizes, biodiesel, cera lubrificantes, como para a reciclagem caseira na fabricação de sabão. Como afirmam alguns pesquisadores que o óleo usado é utilizado como matéria prima na fabricação de alguns produtos na contribuição para aumentar a produtividade do processo (PITTA, 2009).

A geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) revela um total anual de quase 78,3 milhões de toneladas no país, resultante de uma queda de 2% no montante gerado em relação a 2015. O montante coletado em 2016 foi de 71,3 milhões de toneladas, o que registrou um índice de cobertura de coleta de 91% para o país. Foi um pequeno avanço comparado ao ano anterior e que evidencia que 7 milhões de toneladas de resíduos não foram objeto de coleta e, consequentemente, tiveram destino impróprio (ABRELPE, 2016).

Os recursos aplicados pelos municípios em 2016 para fazer frente a todos os serviços de limpeza urbana no Brasil foram cerca de R\$ 9,92 (nove reais e noventa e dois centavos) mensais por habitante, revelando uma queda de 0,7% em relação a 2015 (ABRELPE, 2016).

Com essa problemática torna-se um desafio do município fiscalizar e punir quem descarta esses resíduos em vias públicas. Promover políticas públicas para dispor de coleta seletiva, a fim de minimizar esse impacto no meio ambiente e melhorar a qualidade de vida da população é, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), um estado de completo bem-estar físico, mental e social. A gestão integrada inclui todas as ações voltadas à busca de soluções para os resíduos sólidos, incluindo os planos nacional, estadual, microrregional, intermunicipal, municipal e os de gerenciamento (MMA).

Uma das principais iniciativas para a implementação da política foi a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, que contempla os diversos tipos de resíduos gerados, as respectivas alternativas de gestão e gerenciamento, bem como metas para diferentes cenários, programas, projetos e ações correspondentes (TEIXEIRA, 2013).

O descarte de resíduos sólidos em ambiente adequado é de responsabilidade de todos que vivem em sociedade, pois as consequências em relação à saúde na proliferação de doenças por esse acúmulo de lixo na região. Logo, promover:

[...] a gestão interdisciplinar do lixo envolve um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento estratégico, que uma administração municipal precisa desenvolver em conjunto com a sociedade civil e o setor privado (MAGERA, 2013, p. 135).

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) gerenciar o lixo de forma integrada significa:

[...] limpar o município por meio de um sistema de coleta e transporte; [...] ter consciência de que todas as ações e operações envolvidas no gerenciamento estão interligadas; [...] garantir destino ambientalmente correto e seguro para o lixo; [...] conceber modelo de gerenciamento apropriado para o município (IPT, 2000, p. 3).

Educação Ambiental

Entende-se por Educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999).

A Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA) em seu Artigo 2º, afirma que “a Educação Ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal” (BRASIL, 1999).

Frente ao panorama colocado, o presente escrito foca a experiência do projeto Rio Mamanguape – Fase II, através do qual se buscou abordar com adolescentes e jovens do oitavo e nono anos do Ensino Fundamental, alternativas de reutilização de garrafas PET, precisamente para a confecção artesanal de filtros plásticos. A realização dessa prática surgiu da implantação do Projeto Recicla na Escola, no qual se buscava a construção de novos valores a respeito dos resíduos gerados, visto que os materiais desvalorizados durante o descarte poderiam receber um tratamento diferenciado, a partir da pedagogia dos 5 R: Reduzir, Reutilizar, Repensar, Reciclar e Recusar (ARAÚJO; JERÔNIMO; SANTOS, 2017, p. 101).

De acordo com Leff (2010) a Educação Ambiental é um processo de transmissão de saberes, no qual todos somos aprendizes e mestres. O saber ambiental é um saber identitário que leva a construir novas identidades, novas racionalidades e novas realidades, nas quais se inscrevem os atores sociais que mobilizam a transição para uma racionalidade ambiental. O saber ambiental é “conformado por e arraigado em identidades coletivas que dão sentido a racionalidade e práticas culturais diferenciadas” (LEFF, 2010, p. 185).

Para Vieira (2009) a Educação Ambiental conduz os profissionais a uma mudança de comportamento e atitudes em relação ao meio ambiente interno e externo às organizações.

Conforme a Lei 9.975/1999, as ações ambientais possibilitam um processo por meio do qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos e habilidades, atitudes e competências, voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à qualidade de vida e à sua sustentabilidade (BRASIL, 1999).

Pelo pouco conhecimento das pessoas que participaram do projeto, não era possível avaliar por inteiro a evolução histórica dos processos industriais e os grandes impactos ambientais que ocorreram em séculos e décadas passadas e que, até hoje, ocasionam impactos irreversíveis, muitas vezes desconhecidos aos olhos do homem.

Segundo a NBR 10004/2004 (Resíduos Sólidos – Classificação), resíduos sólidos são :

[...] resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d’água, ou exijam para isso solução técnica e economicamente inviável, em face de melhor tecnologia disponível (NBR 10004/2004).

De acordo com a Política Nacional de Educação Ambiental Lei nº 9.975 “a transversalidade, a continuidade e a permanência” são aspectos importantes, mas para se alcançar essa prática é necessário um diálogo constante entre as disciplinas, nos diferentes níveis de ensino e entre os diferentes atores da comunidade escolar ambientais, sendo assunto levado ao âmbito familiar.

Impactos Ambientais

A grande crise em todo o mundo acerca da poluição ambiental vem se agravando a cada dia e se caracteriza como uma das situações mais delicadas atualmente (CUNHA et al, 2014).

A poluição configura-se como um dos maiores enigmas encontrados pela população mundial, o que contribui para a sua evolução é o crescimento urbano desordenado e a elevada geração de lixo (OLIVEIRA et al, 2014).

Devido à falta de informação a respeito da importância da reciclagem, a população acaba lançando os resíduos em locais inadequados, causando uma série de impactos negativos ao meio ambiente e a população em si. Dentre os resíduos produzidos, o óleo utilizado em frituras surge como um resíduo gerado diariamente nos lares e estabelecimentos do país. Neste contexto, torna-se necessário promover a conscientização para que assim a população possa dar uma destinação adequada para este tipo de resíduo (OLIVEIRA et al, 2014).

São inúmeras as consequências do indevido descarte do óleo de cozinha usado. Como relata Cunha et al (2014) o óleo residual quando descartado no ralo da pia acarreta problemas, à medida que esse resíduo é retido nas tubulações, causando entupimento nos canos e nas redes de esgoto. Outros problemas ocasionados pelo indevido descarte do óleo residual, como a impermeabilização dos leitos dos rios e terrenos, gerando sérios problemas de enchentes nas cidades e consequentemente causando danos socioambientais, influenciando no desequilíbrio ecológico da região (BRANCO; BOLDARINI; LIMA, 2013),

A lei não evidencia se o causador da degradação é o ser humano em si, uma consequência de atividade antrópica ou até mesmo um fenômeno natural como um raio que atinge uma determinada floresta e acaba por destruí-la mesma por meio de um incêndio. O que fica explícito neste conceito é que a degradação ambiental se caracteriza como um impacto ambiental negativo (SÁNCHEZ, 2008, p. 27). Portanto, os impactos ambientais causados pela produção desenfreada de resíduos sólidos têm levado os órgãos públicos, como também empresas e a sociedade a pesquisar e estudar melhores alternativas para minimização da utilização excessiva e degradação da natureza com o intuito de melhorar a qualidade de vida da população (OLIVEIRA, 2007).

Gestão nada mais é que um conjunto de ações que, da melhor forma, integram atividades que objetivam a eliminação dos impactos negativos associados à produção e destinação do lixo (AMORIM, 2015). No inciso VI e IX do art. 23º da Constituição Federal estabelecem ser competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas, não pertencendo apenas ao nível federal à obrigatoriedade de promover programas de melhoria de saneamento ambiental (MONTEIRO, et al, 2001).

No entanto há uma grande dificuldade em gerir resíduos sólidos pois, são descartados em média 218.874 t/dia. Já em termos por habitantes temos que a quantidade de resíduos chega a mais de 1,071 kg/hab./dia (ABRELPE, 2015).

Sustentabilidade ambiental e o não gerenciamento dos resíduos sólidos

O conceito de sustentabilidade é compreendido quando se atribui um sentido amplo à palavra sobrevivência, que sempre foi o desafio do ser humano, que trata da sobrevivência ou

manutenção dos recursos naturais atuais para às gerações futuras (COGO; OLIVEIRA; TESSER, 2013).

A definição, mais aceita para o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, de modo que não comprometa a capacidade de atender às necessidades das gerações futuras, ou seja, é o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro (WWF-BRASIL, 2013).

O termo Desenvolvimento Sustentável foi utilizado pela primeira vez em 1983, por ocasião da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU) e presidida pela então primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, na qual a comissão propôs que o desenvolvimento econômico fosse integrado à questão ambiental, tornando-se estabelecido, assim, o conceito de desenvolvimento sustentável (INFOESCOLA, 2013).

Um estudo realizado por Peruchin et al (2013), aponta que cerca de 8% dos resíduos produzidos em um restaurante são provenientes de matéria orgânica, seguidos em menores quantidades por plásticos, papéis ou papelão e outros. O mais indicado por esses autores é a destinação para compostagem.

Sendo assim, a compostagem dos resíduos sólidos e a utilização do fertilizante para o cultivo de hortaliças, além de serem ações ecologicamente corretas, que contribuem para a redução do acúmulo de resíduos sólidos dos aterros sanitários, são de suma importância para o desenvolvimento da sustentabilidade ambiental, econômica e social (BILCK et al., 2008; BOCHNIA et al., 2013).

O Ciclo do resíduo (óleo) de cozinha

Os óleos são imprescindíveis em toda cozinha. Entretanto, apesar do uso - quase que universal - pouca gente sabe que a sua escolha pode ser decisiva no sucesso de um prato e ainda garantir benefícios à saúde. Alguns óleos são mais saborosos, emprestando sabor à comida, outros mais resistentes ao calor, ideais à fritura, outros insípidos, não interferindo no sabor do alimento (SANTOS, 2009).

No Brasil, os óleos mais encontrados nos supermercados são feitos à base das sementes de soja, amendoim, girassol, milho, algodão e arroz, sem contar com o inconfundível azeite de oliva, produzido a partir do caroço da azeitona. Cada uma das sementes empresta características diferentes ao produto final. A diferença mais marcante, no entanto, diz respeito ao tipo de saturação presente nas cadeias de ácidos graxos dos óleos. Os óleos de soja, de girassol e de milho, por exemplo, apresentam maior quantidade de ácidos graxos poli-insaturados. Tais gorduras reduzem tanto o colesterol, conhecido como colesterol ruim, como o colesterol bom (KOTZ, 2012).

Conforme Bedore (2010), o triglicerídeo é uma das gorduras mais encontradas na alimentação através das plantas. É utilizado como matéria prima na produção do sabão e pode ser obtido através de sebo de origem animal, dos óleos vegetais ou mesmo da mistura.

O ciclo do óleo de cozinha consiste em um processo que vai desde a sua origem, que é extraído do meio ambiente através da semente das plantas específicas, da soja, do milho, do girassol, se for para o consumo humano é transportado para a indústria e, em seguida, é levado para a comercialização a disposição dos consumidores que, por sua vez, utilizam em preparos alimentares e ao término do seu uso, fazem o descarte corretamente, fazendo doação para as ONGs para reciclagem na produção de sabão, portanto não fazem descarte de forma inadequada através do lançamento na pia ou no lixo (SANTOS et al, 2009).

Aspecto ambiental do óleo de cozinha usado

Conforme estudo feito por Amaral (2009) para a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), o óleo de soja atualmente ocupa a segunda posição na oferta mundial de óleos e gorduras. De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Óleo Vegetal (ABIOVE) o comércio internacional desses produtos colocou em evidência a forte relação entre produção e demanda de óleos vegetais. A produção de óleo de soja aumentou de 4,2 milhões de toneladas, em 1989/90, para 11,6 milhões de toneladas em 2007/08, com variação 177%. Atualmente, o óleo de soja responde por 73,3% da disponibilidade de óleos e gorduras no Brasil, seguido pelo sebo de bovino, gordura de frango e banha de porco que, juntos, somam 11,6% (ABIOVE, 2009).

A ABIOVE (2011), estimou, para o ano de 2012, uma produção de óleo de cozinha de 7.162 mil toneladas (BRASIL, 2011). Os números apresentados possibilitaram aos consumidores uma noção quantitativa do problema da poluição causada pelo óleo de cozinha. Atualmente, a ABIOVE projeta, para o ano 2015/2016, no Brasil, cerca de 100 mil toneladas de soja, sendo que, de janeiro a abril de 2016, as associadas da ABIOVE, representam de 75% a 79% do setor, que processaram 10,257 milhões de toneladas de soja e produziram 2.047 milhões de toneladas de óleo.

Reciclagem

A reciclagem pode gerar uma série de importantes benefícios sociais. Em primeiro lugar, trata-se de um comportamento que aumenta a consciência ecológica na comunidade, despertando os cidadãos para mudanças de atitudes em prol do meio ambiente. A reciclagem pode começar por simples ações, como a de entrar em um programa voluntário de coleta seletiva de lixo (PINHEIRO et al, 2014, p. 327). A reciclagem consiste na transformação em materiais ou produtos que possam ser utilizados. Neste processo de conversão é possível diminuir o consumo da matéria prima que, diariamente, é jogada sem nenhum tipo de tratamento, no meio ambiente.

O óleo de cozinha é bastante utilizado na fabricação e consumo de alimentos fritos e pré – fritos e são grandes geradores de resíduos, no entanto já começa a ser reconhecido como resíduo potencialmente reciclável, desta forma, existem diversas possibilidades para o reaproveitamento do óleo de cozinha após sua utilização, podendo servir de matéria prima no processo de fabricação de diversos produtos, tais como biodiesel, tintas, óleos para engrenagem, sabão, detergentes entre outros (WILDNER; HILLIG, 2012).

A fabricação de sabão é um dos métodos que vem se destacando e ganhando espaço cada vez maior pelo o fato de ser um processo simplificado e economicamente viável (SEGUNDO; BEZERRA, 2014). Além de ser uma alternativa viável, contribui no sentido de mitigar o impacto do descarte inadequado desse tipo de resíduo no meio ambiente (OLIVEIRA, et al, 2014).

Entre os materiais recicláveis estão diversos tipos, como: vidro, papel, metal, plástico, tecidos, óleo de fritura e componentes eletrônicos. A compostagem ou reutilização de detritos biodegradáveis, como lixo de cozinha ou jardim, também é considerada reciclagem. A maior parte das pessoas que fazem uso de óleo vegetal nos processos de fritura não tem informação sobre os malefícios que podem causar ao meio ambiente. Em alguns dos casos não, destinam devidamente o óleo produzido para a reciclagem e despejam diretamente no lixo (SPINELLI, ROCHA FILHO; SILVA, 2016, p. 254).

Desse modo, consideram-se as observações e descrições de relatos dos participantes do projeto do Residencial Dênis Amorim. Constatamos percepções e representações socioambientais referente a coleta, armazenamento e reciclagem do óleo usado, em especial quanto aos resíduos. Se os participantes do projeto compreenderam os problemas que os resíduos causados ao meio ambiente, já é um grande avanço para melhorar o equilíbrio.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na orla da Praia do Francês, precisamente na Avenida Verdes Mares, em Marechal Deodoro/AL, numa parceria com os proprietários dos bares e restaurantes, onde foi recolhido o resíduo de óleo de cozinha proveniente do processo de fritura de cada estabelecimento, para transformá-lo em sabão, através de processos químicos, porém com técnicas de baixo custo. A ideia foi minimizar o impacto negativo naquele complexo turístico e promover a reutilização desse resíduo, através da reciclagem, transformando o mesmo em sabão líquido.

O trabalho foi desenvolvido em sete restaurantes da orla da Praia do Francês, Marechal Deodoro/AL, devidamente identificado abaixo:

Figura 1 - Localização dos restaurantes da Praia do Francês



Fonte: Google Earth

A pesquisa está estruturada em quatro etapas. A primeira consistiu na visita aos sete bares e restaurantes, onde foi constatada a destinação óleo lançado no meio ambiente de forma inadequada. Logo após realizou-se diálogo com os proprietários e colaboradores, abordando sobre a necessidade da conscientização ambiental e quanto ao descarte correto do óleo utilizado. Foram acordados com os proprietários dos bares e restaurantes para que a coleta desse resíduo fosse feita a cada quinze dias. Foi deixado em cada local, recipientes para o armazenamento. Posteriormente, foram coletados os resíduos no período de nove meses, tendo início em dezembro de 2015.

A segunda etapa foi o momento da coleta do óleo, utilizando-se de recipientes devidamente identificados (Figura 2) e levados até a Associação de Moradores do Conjunto Residencial Dênisson Amorim, para armazenamento e identificação da quantidade de óleo recolhido. No momento, foi enfatizada a problemática do descarte inadequado e da poluição gerada no meio ambiente.

Figura 2 – Recipientes de 160 litros devidamente identificados



Fonte: Autoras

Na terceira etapa foi feita a quantificação e enfatizada a grande demanda e a necessidade da reciclagem a fim de reduzir a poluição e degradação.

Figura 3 - Quantificando o óleo usado de frituras



Fonte: Autoras

Na quarta etapa foram realizadas duas palestras e duas oficinas, com seis aulas práticas e, em seguida, feito o monitoramento do sabão líquido através dos moradores da região e, paralelo à produção, foi realizada a quantificação. Para realização da produção do sabão líquido foi necessário usar Equipamento de Proteção Individual (EPI) como luvas e máscaras, como também a necessidade de uso de outros materiais como baldes, colher de madeira, funil, peneira, garrafa Pet de 2 litros, hidróxido de sódio escama 99%, álcool de posto de gasolina com teor de 99%, essência (opcional) e corante (opcional).

Figura 4 - EPIS e Materiais para produção do sabão



Fonte: Autoras

Para verificar o pH do sabão líquido, foi utilizado um medidor de pH digital (Figura 5) no laboratório de análises do Instituto Federal de Alagoas, em Marechal Deodoro, onde foram levadas as amostras de 100 ml.

Figura 5 – Medidor de pH



Fonte: Autoras

A produção do sabão teve a participação dos moradores do Conjunto Residencial Dênison Amorim (Figura 6), com uma grande interação e vontade de aprender a reciclar o óleo de fritura usado e, mais uma vez, conscientizando o cuidado pelo meio ambiente.

Figura 6 - Envolvimento da comunidade nas aulas teóricas e práticas



Fonte: Autoras

RESULTADO E DISCUSSÕES

Visita e acordo com os proprietários dos restaurantes

O trabalho foi desenvolvido no período de dezembro de 2015 a agosto de 2016, com a coleta a cada 15 dias, nos restaurantes da Praia do Francês, na Avenida Verdes Mares, no município de Marechal Deodoro/AL.

Através do diálogo realizado com os proprietários dos estabelecimentos participantes, foi observada a falta de conscientização quanto ao impacto ambiental negativo, e os danos provocados pelo descarte incorreto do óleo. Mas, ao ser explicado os impactos causados foram perceptíveis o interesse de abraçar a causa e realizar a parceria com a Associação de Moradores do Conjunto Dênisson Amorim, no desenvolvimento do trabalho para a conscientização, educação e a reciclagem e, em seguida, feito o acordo do comprometimento em fazer o armazenamento do óleo usado, para que fizéssemos a coleta.

As coletas foram iniciadas e o óleo armazenado em galões devidamente identificados. A grande demanda desse resíduo, antes descartado no meio ambiente, deu-se entre dezembro de 2015 a agosto de 2016. O óleo residual produzido na produção de seus alimentos foi quantificado e, no somatório de todos os meses, foram coletados 2.864 litros de óleo, sendo o maior índice no mês de julho por conta das férias. Com esse resultado, percebe-se a necessidade de uma maior sensibilização ambiental por parte da comunidade em geral, com um trabalho de Educação Ambiental e de formação de multiplicadores dessas práticas.

A reutilização desse resíduo foi de suma importância devido à grande demanda e o projeto tomou maior visibilidade quando duas emissoras de televisão vieram, em dias alternados, acompanhar a coleta do óleo e a produção do sabão, em que fizeram entrevistas com os donos dos restaurantes e com os participantes do projeto. Durante os encontros das aulas práticas, foram realizadas discussões sobre o meio ambiente e os 3 R: Reduzir, Reutilizar e Reciclar.

Corroborar um trabalho na mesma linha quando diz que “de acordo com os resultados foi possível constatar que os moradores das residências que participaram das atividades não tinham conhecimento dos impactos ambientais provocados pelo óleo de cozinha, bem como desconheciam que era possível reaproveitá-los” (IFPE, 2017, p. 156).

CONCLUSÕES

Pensando em desenvolvimento sustentável, diversas cidades em todo o Brasil têm criado métodos de reciclagem, tanto para benefício financeiro como para trazer soluções para a natureza. Desta forma, nota-se uma grande quantidade de projetos e ONGs espalhadas por várias cidades, com a finalidade de dar um destino correto a este resíduo, transformando-o em demais produtos como resina para tintas, glicerina, detergente, sabão, ração para animais e biodiesel.

Durante todos os encontros foi amadurecendo a ideia de uma futura Cooperativa, para que se dê continuidade ao processo produtivo, diminuindo a poluição e a degradação gerada pelo descarte incorreto, gerando emprego e renda para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental do Município.

Por fim é de inteira importância, mostrar como é possível a redução de impactos negativos no meio ambiente através do recolhimento desse resíduo, dando um destino adequado com a reutilização e reciclagem, utilizando práticas sustentáveis para a produção do sabão líquido e em barras, pois a maior importância do trabalho é que todos tenham a conscientização de reduzir os resíduos produzidos em seus alimentos, reutilizar, armazenar e doar para as cooperativas de reciclagem, para diminuir a poluição e degradação que o óleo de cozinha usado causa ao ser jogado no meio ambiente de forma inadequada.

Os participantes da oficina se dispuseram a dar continuidade ao trabalho: coletar, produzir e manter um trabalho para gerar renda e, o mais importante, cuidar do meio ambiente.

Conclui-se que a conscientização e a Educação Ambiental foram alcançadas com êxito, pois foi alcançado o envolvimento dos proprietários em armazenar e entregar o seu resíduo, antes jogado no mar, nas lagoas, no lixo comum e, hoje, esse resíduo tem destinação correta. O projeto chegou ao término com quatro toneladas do óleo usado em frituras armazenadas para reciclagem.

Tivemos o envolvimento de mais restaurantes, pousadas, hotel e lanchonetes e, por isso, tivemos que dar a continuidade de forma voluntária. Até esse momento já foram coletadas e quantificadas mais de 10 toneladas de óleo usado, evitando a contaminação de mais de 220 milhões de litros de água e a degradação de todo ecossistema.

Esse resíduo, hoje, tem destinação correta. A Cooperativa foi criada, formada pelos trabalhadores de reciclagem do óleo de cozinha do município de Marechal Deodoro/AL, gerando emprego e renda para a população mais carente, fazendo assim o tripé da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. São Paulo. Estadão, 2016.
- ABNT. NBR 10004/2004. Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro (Brasil):2004.
- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos no Brasil**. São Paulo, 2016. 14 p. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/>. Acesso em: 30 jun. 2018.
- AMARAL, D.D. A.A.; COSTA, J. R. C.; CORRÊA, A. C.; FREITAS, V. A. B. A compostagem como mecanismo de aproveitamento dos resíduos sólidos produzidos em restaurantes e cozinhas industriais no município do Rio Grande/RS. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 9, 2014, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SIQA, 2014.
- AMARAL, D. F. Desmistificando o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel - A visão da indústria brasileira de óleos vegetais. São Paulo: ABIOVE, agosto de 2009. Disponível em: http://www.abiove.com.br/palestras/abiove_mercado_oleaginosasPBIO_dez09.pdf.
- AMORIM, Edivaldo Santos. Logística reversa de pneus inservíveis: uma pesquisa- ação no município de Três Corações (mg). 2015. 152f.
- ARAÚJO, M.M. Z.; JERÔNIMO, M. C. C.; SANTOS, M.M. J. J. Projeto Rio Mamanguape - Fase II realiza boas práticas de educação ambiental em escolas municipais. In: AGUIAR, W. J.; EL DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P (org.). **Resíduos sólidos: abordagens práticas em Educação Ambiental**. Recife: EDUFRPE, 2017.
- BEDORE, R.R. **Uso correto do óleo de cozinha**. 2010. Disponível em: <http://www.vooz.com.br/noticias/saude-uso-correto-do-oleo-de-cozinha-podetrzer-beneficios-39910.html><http://www.vooz.com.br/noticias/saude-uso-correto-do-oleo-de-cozinha-podetrzer-beneficios-39910.html> . Acesso em: 3 maio 2018.
- BILCK, A.A. P. et al. Aproveitamento de subprodutos: restaurantes de Londrina, 2008. **Revista de Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 2, n. 1, 2009. Disponível em: <http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/974>. Acesso em: 10 maio 2018.
- BRANCO, I. G.; BOLDARINI, M. T. B.; LIMA. L. F. Energia alternativa: Geração de biodiesel a partir de óleos residuais. **Revista TOPOS**, [s 1.]. v. 7, n. 1, p 11 – 20, 2013.

BRASIL. Lei n. 9795, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.** 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/19433.htmhttp://www.planalto.gov.br/ccivil_03/19433.htm. Acesso em: 10 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm. Acesso em: 8 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm. Acesso em: 15 maio 2018.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 28 nov. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Consumo sustentável: manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005.

BRASIL. Projeto de Lei n. 2.074, DE 2007 (Do Sr. William Woo). Dispõe sobre a obrigação dos postos de gasolina, hipermercados, empresas vendedoras ou distribuidoras de óleo de cozinha e estabelecimentos similares de manter estruturas destinadas à coleta de óleo de cozinha usado e dá outras providências.

COGO, Gisele G. Alves A. D. da Rocha R.; OLIVEIRA, Ivanir I. Luiz L. de; OLIVEIRA; TESSER, D. P. Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P): um instrumento a favor da sustentabilidade na Administração Pública. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32. **Anais...** Bento Gonçalves, 2012.

CONSTITUIÇÃO DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS/WHO) 1946. Acesso em: 30 junho 2018. GLEICE, C. F. S.; FREIRE, J. M. L.; PEREIRA, R. F. C.; PAZ, D. H. F. **Sensibilização de moradores do Cabo de Santo Agostinho sobre o reaproveitamento do óleo de cozinha: Um relato.** In: V EPERSOL, 2016, Recife. V Encontro Pernambucano de resíduos Sólidos, 2016.

CUNHA, F. S. et al. Ensino de química para uma educação ambiental; Exercício de cidadania e sondagem para a sustentabilidade. In: IX Congresso de iniciação científica do IFRN tecnologia e inovação para o semiárido, 2014, Rio grande do Norte. **Anais...** Rio Grande do Norte, 2014, p. 1082-1089.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. IPT. Gerenciamento de resíduos integrado aos sistemas de educação ambiental. Disponível em: https://www.ipt.br/solucoes/93-gerenciamento_de_residuos_integrado_aos_sistemas_de_gestao_ambiental.htm. Acesso em: 30 jun. 2018.

KOTZ, John J. C.; TREICHEL, Paul P. M.; WEAVER, Gabriela G. C. Química Geral e reações químicas, v.1. cap.5, São Paulo: Cengage Learning, 2012. cap.5

LEFF, Enrique. **Epistemologia Ambiental.** Tradução de Sandra Valenzuela. Revisão técnica de Paulo Freire Vieira. 5 ed. São Paulo: Cortez, 2010.

MAGERA, Márcio. **Os caminhos do lixo:** da obsolência programa à logística reversa. Campinas: Átomo, 2013.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Disponível em: Acesso: 2 dez. 2018.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Política de Educação Ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacaoambiental><http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacaoambiental>>. Acesso: 10 maio 2018.

MONTEIRO, José Henrique Penido et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

OLIVEIRA, O. J. de Estudo da Destinação e da Reciclagem de Pneus inservíveis no Brasil. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz de Iguaçu – PR. 2007

OLIVEIRA, J. J. et al, Óleo de frituras usado sendo reaproveitado na fabricação de sabão ecológico: conscientizar e ensinar a sociedade a reutilizar de maneira adequada o óleo de cozinha. In: Congresso de Iniciação Científica no IFRN: tecnologia e inovação para o semiárido. 2014. Rio Grande do Norte. Anais... Rio Grande do Norte, 2014. P. 1234-1239.

PERUCHIN, Bianca et al. Gestão de resíduos sólidos em restaurantes escola. **Revista Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 17, n. 1, p. 13-23, jan./jun. 2013., p. 13-23.

PINHEIRO, R. L. S. et al. Diagnóstico da Geração de Óleo de Fritura do Campus Recife da UFPE para produção de biodiesel. In: III EPERSOL, 2014, Recife. III Encontro Pernambucano de resíduos Sólidos, 2014.

PINHEIRO, Ricardo Luís dos Santos et al. Diagnóstico da geração de óleo de fritura do Campus Recife da UFPE para produzir biodiesel. Disponível em: https://www.ufpe.br/documents/616030/926763/Avaliacao_de_oleo_de_fritura.pdf/515b0f76-d070-46a5-84a0-cbc3712ac3e9.

PITTA JUNIOR, O.S. et al. Reciclagem de óleo de cozinha usado: uma contribuição para aumentar a Produtividade do processo, In: Key elements for a sustainable world: eneny, water and climate Chang, São Paulo, 20–22 May 2009.

RECICLAGEM do óleo de cozinha produz até biodiesel. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/reciclagem-oleo-cozinha-produz-biodiesel-05-12-08.htm><https://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/reciclagem-oleo-cozinha-produz-biodiesel-05-12-08.htm>. Acesso em: 3 maio 2016.

RECICLAGEM.NET, Portal de reciclagem e do meio ambiente. Disponível em: <http://www.compam.com.br/>.

SABESP. Reciclagem do óleo de cozinha produz até biodiesel. Disponível em: <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/reciclagem-do-oleo-de-cozinha-produz-ate-biodiesel/>. Acesso em: 30 junho 2018.

SANTOS, G. C. F. ; FREIRE, J. M. L. ; PEREIRA, R. F. C.; PAZ, D. H. F. Sensibilização de moradores do Cabo de Santo Agostinho – PE, sobre reaproveitamento do óleo de cozinha. In: AGUIAR, W. J.; EL DEIR, S. G.; BEZERRA R. P. L (Org.). **Resíduos Sólidos: abordagens práticas em educação ambiental**. 2ed. Recife-PE: Editora Universitária da UFRPE, 2017, v. Unico, p. 153-161

SEGUNDO, J. F. B.; BEZERRA, A. M. C. Minimizando impactos ambientais reaproveitamento de óleos e gorduras residuais transformando em fonte de limpeza. In: IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN: tecnologia e inovação para o semiárido, 2014. Rio Grande do Norte. **Anais...** Rio Grande do Norte [s.n.], 2014 p. 1199 – 1205.

SPINELLI, M. V.P.; ROCHA FILHO, G. B.; SILVA, S.M. Perspectivas para a gestão pública acerca da reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos metálicos no Brasil. In: EL DEIR, S. G.; PINHEIRO, S. M. G.; AGUIAR, W. J. (org.). **Resíduos sólidos: abordagens práticas em Educação Ambiental**. Recife: EDUFRPE, 2016.

VIEIRA, L. R. S. **O papel da educação ambiental em empresas**. Disponível em: http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/136. Acesso em: 30 nov. 2018.

TEIXEIRA, I. Vamos cuidar do Brasil: Conferência Nacional do meio ambiente: resíduos sólidos. **Texto Orientador**. 2. ed. Brasília, maio 2013.

WILDNER, L. B. A; HILLIG, C. Reciclagem de óleo comestível e fabricação de sabão como instrumentos de educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** REGT/UFSM, [S.1.]. v. 5. n.5, p. 813 – 824, 2012.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. Constituição da Organização Mundial de Saúde. **OMS/WHO**, 1948. Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/OMS-Organiza%C3%A7%C3%A3o-Mundial-da-Sa%C3%BAde/constituicao-da-organizacao-mundial-de-saude-omswho.html>. Acesso em: 30 jun. 2018.

WWF BRASIL. **O que é desenvolvimento sustentável**. Disponível em: http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/<http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel//>. Acesso em: 24 set. 2018.

5.5. SENSIBILIZAÇÃO DOS MORADORES DE ABREU E LIMA-PE SOBRE OS CUIDADOS NO DESCARTE DO ÓLEO VEGETAL

SILVA, Ivo Lourençoda

Universidade Maurício de Nassau (UNINASSAU)

ivolourencos@outlook.com

NASCIMENTO, Iasmin Constantino Barbosado

UNINASSAU

iasminconstantinob@gmail.com

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar e conscientizar estudantes e comerciantes em relação à utilização e o descarte adequado do resíduo de óleo vegetal proveniente do consumo humano, bem como explicar o tema para o público alvo. O estudo foi realizado na cidade de Abreu e Lima, PE; onde foram aplicados questionários sobre o tema em 10 escolas, e em cada estabelecimento comercial que fosse uma possível fonte geradora deste tipo de resíduo, comerciantes de frituras e alimentos que utilizassem grande quantidade de óleo em sua preparação sendo em média, 8 lojas vinculados ao ramo. Após a análise dos dados obtidos, foram desenvolvidas ações de conscientização realizadas nas escolas e comércios desse mesmo município. Com os resultados observamos, abrangência de informações sobre o tema resíduo de óleo, necessitando, portanto, de pequenas correções educacionais para auxiliar os alunos e comerciantes sobre a temática ambiental. O processo de educativo nas escolas e comércios foi positivo, obtendo-se uma boa receptividade por parte dos habitantes em geral que se comoveram com a realidade exposta, e mostraram interesse em divulgar o assunto, acolheram bem a proposta e comprometeram-se a repassar os folders que foram distribuídos para melhor divulgação do assunto na sociedade.

PALAVRAS-CHAVE: Ações, Conscientização, Ambiental.

INTRODUÇÃO

Com o incentivo ao consumo como característica básica da sociedade moderna, os problemas sociais e ambientais se agravam nos levando a seguinte questão:

A problemática ambiental, basicamente a retirada de recursos naturais para indústria, a dificuldade do gerenciamento de resíduos gerados após o consumo, passando pelos processos de produção, armazenamento, transporte, comércio, consumo e descarte de resíduos. Para que as atividades comerciais e industriais possam ser desenvolvidas é necessária a extração de recursos que uma vez transformados em produtos, deixam resíduos, esses produtos são vendidos para consumidores que por sua vez descartam ainda mais resíduos após o consumo. (BRASIL,2015).

A eliminação dos resíduos sólidos tem se tornado um problema ambiental cada vez maior nos últimos anos devido à incidência no descarte desses materiais, obsolescência e pelo aumento do consumo. Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (MORAIS, 2015) somente 12% dos resíduos sólidos urbanos e industriais são reciclados e apenas 14% da população brasileira são atendidas pela coleta seletiva.

No Brasil, em 2014, foram produzidas aproximadamente 78,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, dos quais 58,4% (41.600.875 ton.) tiveram destinação final adequada em aterros sanitários. Apesar de mais da metade desses resíduos gerados terem recebido destinação adequada, os 41,6% restantes (29.659.170 ton.) foram destinados a lixões, configurando a existência de um passivo ambiental com elevado fator de risco (ABRELPE, 2016). Segundo DISCONZI (2017) a composição desses resíduos sólidos urbanos, uma pequena parte é composta pelo Óleo Vegetal Residual (OVR) resultante do preparo de alimentos e frituras com uso do óleo vegetal comestível. Estima-se que mais de 309 milhões de litros de óleo residual sejam gerados anualmente no país, de acordo com Sunada:

Resíduo bastante poluidor causador de grandes impactos ambientais o consumo de óleos vegetais comestíveis virgens refinados, conhecidos como Óleos de Fritura Residual (OFR) caracteriza-se como um resíduo sólido urbano e industrial gerado diariamente em domicílios, bares, estabelecimentos comerciais e indústrias do país. No Brasil o consumo per capita deste produto fica em torno de 20 litros/ano, já o montante coletado de seu resíduo é de menos de 1% do total produzido (SUNADA,2015).

Quando descartado inadequadamente em pias e vasos sanitários, ou lançados diretamente nas águas, acarreta uma série de danos ambientais e o encarecimento dos processos das Estações de Tratamento de águas residuárias, além de acarretar a poluição do meio aquático (SANTOS 2017). Os ambientes aquáticos têm sofrido poluição e contaminação. Somente uma pequena parte do óleo é recuperada através da reciclagem e não existe estatísticas oficiais quanto sua logística reversa. (FERREIRA et. al., 2015).

Uma das formas para que não ocorra o lançamento do óleo de cozinha no meio ambiente é a coleta, reciclagem e utilização deste resíduo como matéria prima para produção de novos produtos (SUNADA, 2015).

A iniciativa de implantação de programas de coleta seletiva e

reciclagem de resíduos já vem sendo implementada por alguns municípios e estados, em parceria com cooperativas e associações. Apontada como um importante alternativa para minimização destes resíduos e para educação ambiental no desenvolvimento de comunidades. (SANTOS,2017).

De acordo com Pascalleto (2018) parte do óleo vegetal residual oriundo do consumo humano é destinado a fabricação de sabões e, em menor volume, à produção de biodiesel. A produção de um biocombustível a partir deste resíduo traz inúmeros benefícios para a sociedade, pois existe uma diminuição de vários problemas relacionados ao seu descarte, sendo que, além destes benefícios, ainda haveria a possibilidade de aumentar a produção e a utilização de biocombustível, como no caso o biodiesel, diminuindo a emissão de gases de efeito estufa, poluição da água e contribuindo com o meio ambiente.

No Brasil estima-se que 60% da quantidade citada de resíduos sejam de origem domiciliar, o que significa aproximadamente 720 mil toneladas de óleo e, por esta razão, sua característica dificulta uma organização logística eficiente do seu recolhimento (BRITO, et al. 2017). Especialistas já vêm apontando o óleo residual de fritura como a matéria-prima mais adequada na produção de biodiesel nos conglomerados urbanos, pois o custo com transporte deste insumo reduz significativamente. Segundo Jacobi e Besen (2017), o biodiesel produzido da transesterificação de óleos de fritura apresentou características muito próximas aos biocombustíveis produzidos a partir do óleo vegetalvirgem.

Apesar de o biocombustível advir de óleo parcialmente oxidado, suas características também se aproximam do diesel comum, apresentando boa homogeneidade medida através da análise da curva de destilação (SILVA; ALVES, 2016). De acordo com a Agência Nacional de petróleo:

Apenas 0,56% do biodiesel produzido no território nacional no mês de maio de 2014 é provinda do Óleo Residual de Fritura. Em maio de 2013, 1,17% do biodiesel foram produzidos com a mesma matéria-prima. No Sudeste, o uso do óleo de cozinha representa apenas 0,13% da produção da região (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO, 2015).

Diante da temática dos biocombustíveis

Um programa que é único em atividade na Região Metropolitana do Recife e que vem transformando o município de Abreu e Lima em mais um exemplo de reciclagem para todo estado, tem mudado o comportamento dos moradores na cidade. “Reutilizando Óleo e Protagonizando Vidas” é o nome de um projeto fruto da parceria entre as Ongs Cáritas Suíça e Cáritas Nordeste, juntamente com a Prefeitura da cidade, que reaproveita e transforma o óleo de cozinha em biodiesel. (AGUIAR,2017).

A transformação ocorre devido a colaboração e coleta do óleo residual o que reflete na temática da educação ambiental, Segundo Mallmann (2016):

Várias outras áreas de conhecimento, é um estudo social que deve ser usado a serviço da comunicação para a solução de problemas por meio da interação e do constante processo de recriação e reinterpretação de informações, conceitos e significados. Dessa maneira o ambiente social transforma-se em um espaço onde indivíduos têm condições de analisar a natureza em um contexto entrelaçado de práticas sociais e conhecimentos acadêmicos, partindo de uma realidade mais próxima emultifacetada.

Diante do exposto, este trabalho consistiu na realização de uma Avaliação da

conscientização e uma Ação socioambiental com o objetivo de sensibilizar de forma educacional estudantes das escolas da comunidade que possuem diferentes níveis sociais, além de estabelecimentos comerciais no município de Abreu e Lima- PE sobre os cuidados no descarte do óleo vegetal residual e suas possibilidades de aproveitamento.

METODOLOGIA

Desenvolveu-se nos espaços urbanos da Cidade de Abreu e Lima em Pernambuco. Realizou-se a obtenção de informações e dados através de um questionário avaliativo sobre o conhecimento relacionado ao Óleo vegetal e a preservação do meio ambiente que foi aplicado em instituições de ensino e estabelecimentos comerciais que trabalham com Óleo vegetal para consumo humano. O município de Abreu e Lima está localizado na região metropolitana do Recife e conta com cerca de 94.429 habitantes com estimativa para 99.364 habitantes em 2017 (IBGE,2017).

Realizou-se a distribuição de panfletos para conscientização e aplicação de questionários nas unidades educacionais e comerciais, onde após a etapa de coleta de dados elaborou-se ações de conscientização aplicadas aos alunos, abrangendo ao total 10 escolas. Vários subitens referentes ao resíduo de Óleo vegetal utilizado para consumo humano tiveram sua explanação, concomitantemente fichas de questionários foram aplicadas aos comerciantes, por lojas vinculadas ao ramo de alimentação e comércio de alimentos fritos, totalizando 8 estabelecimentos (Figura1).

Figura 1 – Questionário educação socioambiental.

1)Qual sua faixa etária: () até 20 anos () 20 a 40 anos () mais que 40 anos
2) Você sabe o que é resíduo de óleo vegetal? () Sim () Não
3) Em média quantos óleos vegetais para consumo humano você utiliza/ possui em sua residência ou estabelecimento por mês?
() 0 há 2 () 2 há 4 () mais de 4
4) Você já descartou algum desses resíduos? () Sim () Não
5) Se sim, qual foi o destino dado ao(s) mesmo(s)?
() Lixo comum () Devolveu a empresa em que o adquiriu () Vendeu a terceiros () Descartou em qualquer lugar
Resposta: _____
6) Você tem conhecimento dos danos causados pelo descarte inadequado que o lixo pode acarretar? () Sim () Não
7) Em sua opinião Abreu e Lima possui um local adequado para depositar o resíduo de óleo vegetal ? () Sim () Não
8) Em sua opinião é necessário trabalhar sobre a conscientização do tema? () Sim () Não
9) De que forma deveriam ser esses trabalhos em sua opinião? () Distribuição de folhetos (folders) () Palestras () Projetos escolares () Propagandas educativas nas rádios e emissoras de TV () Outro _____

Fonte: O autor

Os resultados coletados do questionário foram essenciais para a elaboração das ações educacionais de sensibilização sobre o tema através de panfleto, onde seu principal intuito foi repassar informações necessárias para a conscientização e educação dos cidadãos no cenário da temática ambiental abordada (Figura 2). O panfleto utilizado

nas ações do projeto foi pego na rede social do laboratório de óleo e biodiesel -LOB da UFRPE, sendo utilizado apenas para conscientização tendo mantido toda sua estrutura e seus direitos autorais pois o material distribuído, além de informativo, contém informações sobre um ponto de coleta de óleo de frituras na UFRPE.

Figura 2 – Panfleto utilizado nas ações de sensibilização e conscientização.



Fonte: (LOB/UFRPE,2018)

RESULTADOS EDISCUSSÃO

Após a análise do nível de percepção populacional em relação à condução do resíduo de óleo vegetal proveniente do consumo humano. Realizou-se ações que possibilitaram sensibilizar aos estudantes e comerciantes do município de Abreu e Lima. Através do projeto Objetivou-se fornecer informações para que modificassem atitudes e práticas pessoais através da utilização do conhecimento sobre o Óleo vegetal e seu consumo, além de sua relação como meio ambiente de maneira geral. As mesmas possibilitaram a relação de estudantes com educadores e membros do projeto, no qual foram debatidos aspectos referentes a utilização e após isso o descarte dos mesmos.

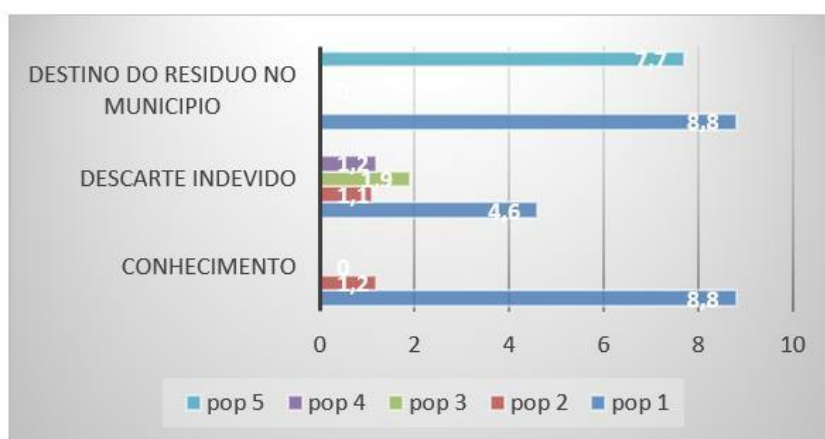
Análise nas escolas

Os estudantes foram expostos a temática e se mostraram preocupados com a situação atual de nosso centro urbano tendo se voluntariado a promover a difusão do assunto para como restante da população do município e seu âmbito familiar. A percepção ambiental superou as expectativas, as unidades educacionais receberam as informações do projeto e darão continuidade as ações educativas com os demais estudantes que ingressaram nos próximos anos letivos. Fazendo a avaliação das noções adquiridos nas escolas pode-se considerar que cerca de 88% dos alunos dizem saber da relação do óleo e a importância do seu descarte correto. Sendo uma porcentagem

bastante relevante, tendo em vista que 71% sinalizaram que já haviam descartado alguns desses materiais de maneira errada uma vez na vida. A responsabilidade ambiental está na forma e local em que este tipo de resíduo vem descartado.

Dos 71%, que já eliminou de maneira errada, 46% tinha realizado o descarte na pia, 11% coleta seletiva, 19% fazia uma reutilização de maneira equivocada ainda poluindo mesmo que em menor intensidade, 12% descartou em qualquer lugar e os demais deram qualquer outro destino. Além disso, 44% afirmaram não ter conhecimento dos danos causados pelo descarte inadequado que o lixo pode acarretar na época em que realizou. Desse modo, foi possível observar a importância da abordagem do tema para com os alunos, para que estes realizem atos conscientes e possam mostrar o exemplo para o restante da população. As porcentagens podem ser evidenciadas (Figura 3).

Figura 3 – Dados do Questionário de educação socioambiental para escolas.



Fonte: O autor

Foi indagado o melhor destino para o resíduo de óleo vegetal após consumo humano, e a maioria (77%) enviaria para a cooperativa que trabalham no ramo (onde a matéria é utilizada como matéria prima para produção de biodiesel). Analisou-se que na cidade onde foi realizado o questionário, 88% afirmaram que esta possui um local adequado para o depósito do lixo. Averiguando esta questão, foi possível observar que a solução mais prática e que traria resultados positivos seria o encaminhamento desse material para campanhas de coleta que são realizadas diariamente no município, dessa forma o lixo poderia ser reutilizado ou reciclado.

Desse modo observamos que a prefeitura dispõe de um projeto onde uma cooperativa é responsável pelo recolhimento do lixo de maneira diária nas escolas e residências e visa produzir biodiesel para os próprios veículos escolares, sendo os alunos em sua maioria conscientizados. Para que ocorresse esse nível positivo de conscientização uma ação educativa é feita pela própria prefeitura em parceria com sua secretaria de educação que faz os alunos serem conhecedores do projeto “Reutilizando Óleo e Protagonizando Vidas” em parceria com as Ongs Cáritas Suíça e Cáritas Nordeste que através da Cooperativade

Catadores Erick Soares (Coocares) vão encaminhar os resíduos para uma mini usina onde são estimados a produção de 3 a 4 mil litros de biodiesel por mês garantindo o manejo correto desses materiais e agilidade de manifestações vindas da população para um caminho sustentável. Integrar os programas de coleta seletiva com a educação ambiental possibilita a aproximação ao ambiente natural ao indivíduo e faz com que este perceba que faz parte do ambiente e da importância que ele tem em sua vida, além disso, a educação ambiental propõe que cada um tem um papel importante a cumprir na proteção do meio em que vive.

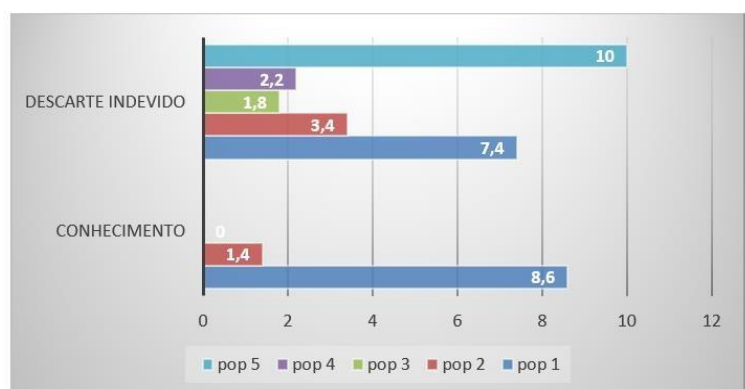
A educação ambiental assume cada vez mais uma função transformadora despertando nos indivíduos a corresponsabilidade que vai influenciar diretamente nos hábitos e costumes dos cidadãos. Diante dessa problemática, diversos autores têm estudado a coleta ou recolha seletiva do óleo de cozinha e seu reaproveitamento. O estudo realizado por Santos et al (2016) através do desenvolvimento do projeto de sensibilização de moradores do Cabo de Santo Agostinho-PE sobre reaproveitamento do óleo de cozinha, a comunidade foi sendo informada dos danos que o descarte incorreto do óleo de cozinha usado provoca ao meio ambiente, e a maneira correta de realizar o estedescarte.

A educação tem o poder de transformar as pessoas e levá-las a adotar novos hábitos, respeitar o outro e ao meio ambiente. Essa transformação se dá pelo empoderamento do saber e, não simplesmente pelo cumprimento de regras ou lei, muitas vezes, impostas ao cidadão. Podemos observar gestos positivos através de ações de sensibilização sobre o tema para que assim os estudantes possam abrir os olhos para a importância do meio ambiente em seu cotidiano e a noção de que gestos simples podem reduzir atitudes que venham a gerar danos ambientais e que uma simples mudança de hábito contribui para uma atitude sustentável.

Análise no comércio.

Diante da avaliação das informações recolhidas no comércio 86% dos comerciantes mostram conhecimento do que se trata o resíduo de óleo vegetal e serem conscientes dos impactos de seu descarte incorreto. Mostrando-se uma taxa um tanto alta, os mesmos 86% apresentam entendimento dos danos causados pelo descarte inadequado e desses, 74% afirmaram já ter descartado algum material dessa procedência antes de serem conscientizados. Deve-se salientar que assim como os casos dos estudantes, grande preocupação está na forma e local onde esse lixo é descartado. Dos 74%, que já descartou, 34% encaminhou ao lixo comum (coleta seletiva), 18% reutilizou de maneira inadequada e os demais tiveram a pia como destino. As informações estão plotadas (Figura 4).

Figura 4 – Dados do Questionário de educação socioambiental para comércios.



Fonte: O autor

Em sua pesquisa, Lima e Neto (2015), com o objetivo de avaliar o potencial de implementação do programa de reciclagem do óleo de cozinha em todos os restaurantes e lanchonetes situados na Unicamp, constatou que grande parte das lanchonetes e restaurantes do campus desconhece os métodos de reaproveitamento do óleo utilizado, descartando os mesmos em redes de esgoto causando entupimento e contaminando reservatórios de água. (SANTOS et al., 2017) em sua análise comprovou que o valor de óleo de fritura formado pelos estabelecimentos presentes no campus da UFPE totaliza 1.199 litros por mês. Em Santa Catarina, também foi criado o Projeto

“Educação Ambiental para a Reutilização do Óleo de Cozinha na Produção de Sabão” – Com o objetivo geral “evitar a poluição dos ecossistemas aquáticos, considerando-se que um litro de óleo polui um milhão de litros de água e, principalmente, incluir os estudantes nesse processo, para que possam trocar informações, facilitando, assim, o ensino e a socialização”.

A maior parte das pessoas que fazem uso de óleo vegetal nos processos de fritura não tem informação sobre os malefícios que estes podem causar ao meio ambiente. Em alguns dos casos, não destinam devidamente o óleo produzido para reciclagem e despejam diretamente no lixo. Visto da forma ambiental e sanitária existe um impacto muito positivo na conscientização dos comerciantes quando as políticas de descarte deste tipo de resíduo no município e, quando não se encaminha o lixo de forma correta existe um prejuízo ambiental muito grande, pois é de conhecimento deles que a melhor solução seria, a reutilização desse material.

CONCLUSÕES

Posteriormente as ações de sensibilização e aplicação dos questionários percebeu-se bom nível de conscientização ambiental da comunidade discente e a ânsia por mais informações sobre o resíduo do óleo vegetal, mas apesar de possuir informações vinculados a temática abordada mostrou carência na base educacional sobre o descarte e reaproveitamento correto. Então por meio de dos dados fornecidos pelo questionário foi analisada qual a real visão, a importância e a comportamento dos estudantes e comerciantes dos moradores em face de o descarte e reutilização desta forma de resíduo, e assim o cuidado com o meio ambiente. As informações adquiridas através das questões na primeira parte da pesquisa foram de fundamental importância para a produção das ações didáticas de sensibilização ecossistêmica, em que seu fundamental intuito foi introduzir informações necessárias para a compreensão e movimentação da população diante da atual situação ambiental enlaçada com o descarte correto do óleo.

Em síntese, espera-se que haja atitude própria da população não apenas ao descarte desse resíduo, mas também relacionado à exigência individual como seres atuantes na ação mantenedora da conservação do meio ambiente para continuar o trabalho de reutilização e reciclagem que vem sendo feito de maneira satisfatória e sistematizada pela prefeitura da cidade através de seu projeto.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2014). **Boletim Mensal do Biodiesel**. Recuperado em 8 de Abril, 2018, disponível em:

<http://www.anp.gov.br/?pg=82673&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1473772682090>.

Associação Brasileira para Sensibilização, Coleta, Reaproveitamento e Reciclagem de Resíduos de Óleo Comestível (2015). **Reciclagem do óleo**. Disponível em: <<http://www.ecoleo.org.br/reciclagem.html>> Acesso em: 05 jun. 2018.

AGUIAR, W. J. **O papel dos conselhos gestores municipais na implementação de políticas e práticas ambientais: o caso do Alto Capibaribe**, Pernambuco - Brasil. 2017. 183 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

BRASIL, Ministério do Meio-Ambiente. **Acordo setorial para implantação do sistema de logística reversa de embalagens em geral**. Disponível em: <<http://www.sinir.gov.br/web/guest/embalagens-em-geral>>. Acesso em: Junho de 2018.

BRITO, Luiz Artur Ledur; et al. **Práticas de gestão de médio porte**, Brasil. Caderno de saúde pública, v. 33. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v33n3/1678-4464-csp-33-03-e00030715.pdf>. Acesso em: 09.06.2018.

DISCONZI, G.S. **Coleta seletiva do óleo residual doméstico: desafios e perspectivas para um aproveitamento socioambiental e sustentável**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Maria – RS, 2014.

FERREIRA, Liliane Caraciolo; GOMES, Victor Mendes; AVELINO, Carlos Eduardo Rodrigues. A participação na Implantação de Coleta Seletiva do município de Petrolina no Estado de Pernambuco. Extramuros, Petrolina-PE, v. 3, n. 3, p. 98-110, 2015.

GRANGEIRO, R. V.T.; PINHEIRO, R. L. S.; MENEZES, R. S.C. **coleta seletiva de óleo de fritura para produção e uso de biodiesel no campus recife da UFPE**. Educação Ambiental na gestão de resíduos sólidos, EPERSOL, ebook, n.2, p.249-59, 2016.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática (Sidra) , 2014 Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2017). **Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão e resíduos sólidos**. Brasília, 2010. Recuperado em 28 fevereiro 2018, de http://agencia.ipea.gov.br/images/stories/PDFs/100514_relatsau.pdf.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. São Paulo, 2011. Nº71.vol.25. Disponível em: Acesso em: 05 jan. 2017.

LIMA, A. K. T. **A Política Nacional de Resíduos Sólidos no Município – Pernambuco, Brasil**. 2012. 129 f. Dissertação (Mestrado de Desenvolvimento Local Sustentável) - Universidade de Pernambuco, Recife: [s.n.], 2012. Disponível em: . Acesso em: 15 mai. 2015

LIMA, R.M.; SHIRAISHI NETO, J. **Conflitos Socioambientais: O direito ambiental como legitimador da atuação do Estado no Jardim Icaraí, Curitiba. Ambiente & Sociedade**. v. 18. n. 2. abr-jun, 2015.

MALLMANN, D. D. A Política Nacional de Resíduos Sólidos Analisada sob o Enfoque das Políticas Públicas: Sua Implantação no Estado de Santa Catarina e no Município de Florianópolis. Florianópolis, SC, 2013. Disponível em: . Acesso em: 14 out. 2016.

MORAIS, K.T. **Conflitos socioambientais no contexto da política nacional de resíduos sólidos: implantação da logística reversa do plástico**. Dissertação (mestrado em sociologia). Universidade Federal de Alagoas, UFAL, 2015.

PASQUALETTO, A. (2017) - XXXI CONGRESO INTERAMERICANO AIDIS – Santiago – CHILE - Centro de Eventos Casa Piedra / 12 – 15 junho de 2018 - **Aproveitamento do óleo residual de fritura na produção de biodiesel**.

PORTILHO, F. **Limites e possibilidades do consumo sustentável**. Educação, ambiente e sociedade: idéias e práticas em debate. Serra: Companhia Siderúrgica de Tubarão, 2017.

RIBEIRO, Elsa; SILVA, João; OLIVEIRA, Óscar (2010), 12 **BioDesafios**, 1ª edição, Mirandela, Asa, página 327.

SANTOS, G. C.F.; FREIRE, J. M. L.; PEREIRA.R.F.C; PAZ, D. H.F.. **Sensibilização de moradores do Cabo de Santo Agostinho-PE sobre reaproveitamento do óleo de cozinha**, Resíduos sólidos abordagens práticas na educação ambiental, EPERSOL, ebook,p.153-161, 2017.

SANTOS, L. S.; ALVES, G. G. S.; GOMES.G.X.S;ESTRELLA, W. M.A.M. **Responsabilidade socioambiental na a3p: um estudo de caso da gestão dos resíduos sólidos na UFPE** ,Resíduos sólidos abordagens práticas na educação ambiental, EPERSOL, ebook,p.188-198, 2016.

SUNADA, N. da S. **Compostagem de resíduo sólido**. Ciência Rural, [s.l.], v. 45, n. 1, p.178- 183, jan. 2015.

SILVA, H.K.S. & ALVES, R.F.F.2010. **O Saneamento das Águas no Brasil**. In:Estado das Águas no Brasil – 2016:Perspectivas de Gestão e Informação de Recursos Hídricos, SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, 2010, p. 83-101.

TUCCI, C.E.M.; HESPANHOL, I. & CORDEIRO, 2015. Relatório Nacional sobre o Gerenciamento da Água no Brasil. Janeiro, 2015, 137p.

ZUCATTO, L. C.; WELLE, I.; SILVA, T. N. Cadeia reversa do óleo de cozinha: coordenação, estrutura e aspectos relacionais. **Rev. adm. empres.**, São Paulo , v. 53, n. 5, p. 442-453, out. 2013 . Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003475902013000500003&ln g=pt&nrm=iso>. Acesso em: 17 FEV. 2018.

5.6 DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL DOS RESTAURANTES DE PAU DOS FERROS – RN

SANTOS, Francisca Kennia Nunes dos
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)
kennia.nunes@hotmail.com

AGUIAR, Fernanda Melquíades de
UFERSA
feeh-ma@live.com

PINTO FILHO, Jorge Luís de Oliveira
UFERSA, Programa de Mestrado em Planejamento e Dinâmicas Territoriais – PLANDITES,
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN
jorge.filho@ufersa.edu.br

BARROS, Adriano David Monteiro de
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
a_david86@hotmail.com

RESUMO

As empresas contribuem com a economia local e geração de empregos, entretanto, podem provocar impactos ambientais, a partir da geração de resíduos e efluentes, como é o caso dos restaurantes. O presente trabalho buscou evidenciar os impactos ambientais nos restaurantes na cidade de Pau dos Ferros/RN, descrevendo um perfil ambiental e socioeconômico dos restaurantes, identificando seus impactos ambientais e por fim propondo ações de gestão ambiental para os restaurantes. A metodologia consiste no levantamento bibliográfico, uma análise qualitativa e quantitativa dos restaurantes foi aplicada um questionário nos estabelecimentos. Verificou-se que são mínimas as preocupações ambientais dos restaurantes a fim de mitigar os impactos acarretados pelo seu processo produtivo, nos quais são consideráveis o desperdício de recursos naturais e a geração de resíduos. Mediante isso, a gestão ambiental nos restaurantes carece de práticas ambientais adotadas pela administração afim de promover a redução ou eliminação do impacto ambiental. Diante desse contexto, se torna necessário a discussão e o desenvolvimento de pesquisas e estudos sobre os impactos ambientais nesses estabelecimentos através de adoção de ferramentas de gestão ambiental empresarial nestes estabelecimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Serviço alimentício; Impacto ambiental; Ferramentas de gestão ambiental.

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento industrial brasileiro ocorrido nas últimas décadas, observou-se que a sociedade vem apresentando novos hábitos sociais e padrões de consumo alimentar, constatado pelo aumento do número de refeições realizadas fora do ambiente domiciliar (AKUTSU et al., 2005). Apesar da importância econômica, o setor de restaurantes também é responsável pela geração de aspectos ambientais expressivos, relacionados com a geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos, desperdício de água, consumo de energia e insumos (MARTINS, 2015). Assim, o impacto ambiental causado pelas grandes quantidades de sobras de alimento dos restaurantes e a falta ou má destinação final empregada é preocupante no cenário nacional e é ocasionada pela ausência de planejamento e controle do cardápio, na manipulação, produção e no consumo dos alimentos (SILVA, 2008).

Diante dessa situação, é necessária uma política sustentável que promovam práticas ambientais que influenciem positivamente no crescimento da empresa. Para isso, estabelece a Gestão Ambiental, com a finalidade de gerenciar os potenciais aspectos e impactos ambientais dos restaurantes (SEBRAE NACIONAL, 2017). Ainda é possível enaltecer que a gestão ambiental dentro das empresas possibilita uma análise e estudo dos impactos ambientais com a finalidade de sua redução (DIAS, 2011).

A discussão da sustentabilidade ambiental em empresas, não se encontra limitadas aos grandes centros urbanos e empresas de grandes portes. No Oeste Potiguar, localiza-se a cidade de Pau dos Ferros-RN que será a nossa área de estudo, caracterizada pelo seu amplo mercado de comércio e serviços que movimenta a economia local e da região, possuem diversos estabelecimentos de restaurantes e similares na cidade que serão o foco da nossa pesquisa. Diante desse contexto, o que norteia este trabalho é identificar as atividades, processos e produtos dos restaurantes de Pau dos Ferros-RN existem deficiências gerenciais ambientais.

Desta forma, o objetivo dessa pesquisa consiste em realizar um diagnóstico socioeconômico e ambiental dos empreendimentos de restaurantes do município de Pau dos Ferros/RN, apresentando como objetivos específicos: identificar o perfil socioeconômico dos empreendimentos; apontar os principais impactos ambientais dos empreendimentos e; propor ações de gestão ambiental para os empreendimentos de restaurantes do município de Pau dos Ferros/RN.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Aspectos gerais do setor alimentício

O hábito de realizar refeições fora do lar é bem antigo e surgiu da necessidade do homem se estruturar em uma sociedade. Forçado a passar longos períodos fora de casa, se viu obrigado a fazer suas refeições em outros ambientes, com isso surgiram os restaurantes. Atualmente, são caracterizados como estabelecimentos para preparo e comércio de refeições e bebidas, as primeiras menções a esse tipo de estabelecimento são antigas, datada da Idade Antiga (de 4000 a.C. a 476 d.C.) (PITTE, 1998). Esse tipo de comércio surgiu com os mercados e as feiras, que obrigam os camponeses e artesãos a deixarem seu domicílio durante um ou vários dias e, portanto, a se alimentarem ao mesmo tempo que estabelecem ou mantêm relações sociais, de amizade ou de negócios. Tomou amplitude e diversificou-se no mesmo ritmo da urbanização à qual, de modo especial, permaneceu ligado (PITTE, 1998).

Esses estabelecimentos são difundidos por todo mundo e se tornou um ambiente de alimentação comum, no qual as pessoas esperam sentadas em mesas em um grande salão, e que partir de um cardápio escolhem o que desejam consumir, esse tipo de estabelecimentos como conhecemos só veio surgir no século XVIII anos após a designação do termo restaurante (PITTE, 1998). Com isso, o setor alimentício tem impulsionado a economia ao longo dos anos contribuindo para o desenvolvimento de grandes centros urbanos. Os restaurantes desempenham um papel bastante importante por facilitar e possibilitar refeições fora do lar, (Akutsu et. al., 2005) dentre as várias razões que essa prática se tornou comum, destaca-se a longa distância entre o local de trabalho ou de estudo e o domicílio e a falta de tempo imposta por um cotidiano mais agitado.

Nesta perspectiva, Castelli (2001) define restaurante como qualquer estabelecimento que venda comida mediante pagamento. Venturi (2010) ressaltar que para ser considerado restaurante são necessários três fatores: formato (decoração e ambiente), especialidade (cardápio conforme o conceito proposto) e serviço (adequado ao conceito e o perfil do nicho de mercado explorado).

Em uma visão mais abrangente, Acre e Castilho (2013) destacam que o setor gastronômico que é formado pelos estabelecimentos do terceiro setor que atuam no preparo e fornecimento de qualquer tipo de alimento e bebida para serem consumidos no local em que foram preparados ou transportados para consumo em outro lugar – residência, trabalho, automóvel, evento. Desta forma, no setor de alimentos há diversos tipos de empreendimentos e ramos que são encarregados do preparo, comercialização e cultivos de alimentos. Conforme Serviços de Alimentação (2007), o setor alimentício compreende diversos tipos de empreendimentos, próprios da natureza da atividade, como os restaurantes, bares, cafés, lanchonetes, casas de chá, confeitarias, sorveterias, padarias, cantinas, quiosques, barracas.

No Brasil, este setor vem crescendo consideravelmente, através da incorporação de um milhão de empresas e gera seis milhões de empregos diretos em todo o país, em uma Associação Brasileira de Bares e Restaurantes – ABRASEL. Este setor representa, atualmente, 2,7% do Produto Interno Bruto - PIB brasileiro, além disso, o hábito de alimentação fora de casa é cada vez mais crescente e corresponde a 31,1% dos gastos dos brasileiros com alimentos (IBGE; 2009).

Avaliação de Impactos Ambientais

As diversas atividades humanas alteram a qualidade ambiental, fazendo com que necessite discutir a essência dessas alterações. Dentro desses processos, destaca-se o impacto ambiental, já que Sánchez (2008) define como sendo a consequência de alguma ação realizada pelo homem que provoca modificação do meio ambiente e os aspectos ambientais podem ser compreendidos como a forma pelo qual a ação humana provoca impacto ambiental. Segundo Tavares et al. (2018), avaliar os aspectos e impactos ambientais tem o propósito de identificar as ações humanas e as decorrentes consequências que essas ações podem ocasionar. Para Amado (2013), a avaliação do impacto ambiental, como instrumento nacional, deve ser empreendida para atividades planejadas que possam vir a ter impacto negativo considerável sobre o meio ambiente, e que dependam de uma decisão de autoridade nacional competente, afim de manter plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar, diagnóstico ambiental e recuperação de áreas degradadas.

As características de uma avaliação de impacto ambiental conforme Muun (1975) são, descrever a ação proposta e as alternativas; prever a natureza e a magnitude dos efeitos ambientais; identificar as preocupações humanas relevantes; listar os indicadores de impacto a serem utilizados e para cada um definir sua magnitude; determinar os valores de cada indicador de impacto e o impacto ambiental. Esses impactos podem influenciar diretamente as empresas, conforme Dias (2011), as mais perceptíveis são as de médio e grande porte por provocarem maior impacto, com isso necessitam serem avaliados e estudados.

Nesse sentido, surge a Avaliação de Impactos Ambientais como

“um instrumento de política ambiental formado por um conjunto de procedimentos capazes de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta – projeto, programa, plano ou política – e de suas alternativas, e que os resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão, e por eles devidamente considerados” (MOREIRA, 1985).

A Avaliação de Impacto Ambiental - AIA é determinante para tomada de decisões em uma instituição, pois são considerados os impactos ambientais e com isso é organizado de forma a propor ações com o objetivo de minimizar as agressões ao meio ambiente (SANCHES, 2008). Entretanto, ainda conforme o autor, a prática de AIA limita-se em atividade de menor impacto devido aos seus processos não disponibilizarem informações.

Este setor contribui positivamente para a geração de empregos, a valorização de grandes centros urbanos, já que segundo Fernandes (2015) o setor de alimentos e bebidas é uma atividade que ultrapassa os setores convencionais da economia. Ele requer dados de natureza econômica, social, cultural e ambiental. Entretanto, temos que o setor possui impactos negativos, principalmente, no que diz respeito ao desperdício de produtos e recursos. É necessário pensar métodos e formas de abordagens adequadas para negócio em unidades de alimentação. No setor de alimentação, o redesenho de processos reduz o desperdício e o consumo de recursos (NUNES, 2014). Assim, além das questões éticas envolvidas, o desperdício de alimentos apresenta impactos econômicos, ambientais e sociais negativos (SCHNEIDER, 2013).

Gestão Ambiental

O setor alimentício apresenta várias limitações, entre elas estão a dificuldade em se adaptarem a competitividade empresarial contemporânea sendo necessário desenvolver ações de sustentabilidade empresarial com a finalidade de otimizar os custos. Esse quantitativo é apenas uma das dificuldades encontradas pela maioria das empresas e governantes que tentam inserir uma forma para melhor gerir os resíduos sólidos. Porém, ainda existem outros, como exemplo a falta de recursos, locais apropriados para dar a destinação viável, empresas de reciclagem. No entanto, há alguns programas que ajudam aos órgãos e as empresas à melhor gerir esses resíduos, mesmo em meio a tanta dificuldade (SILVA, 2018).

Nessa perspectiva, faz necessário desenvolver ações de sustentabilidade empresarial, para isso Ruppenthal (2014) afirma que gestão ambiental é um segmento da educação ambiental que visa implantar novas políticas sustentáveis dentro das instituições ou empresas privada ou pública para a adesão de uma cultura que reflita na otimização dos

recursos naturais, portanto, em sustentabilidade no ambiente de trabalho. À vista disso, as instituições como um todo devem ter um compromisso ambiental com novas metodologias que reduzam o consumo dos recursos naturais em seu dia a dia dentro de suas instituições uma vez que ocupam posições de destaque quando relacionados a utilização dos recursos ambientais na classificação de consumo dos recursos naturais (BELTRÃO, 2014). Desta forma, a gestão ambiental compreende a um sistema de administração adotado por empresas que possuem medidas com base na sustentabilidade. Segundo Galeno, Fernandes e Silva (2018), a gestão ambiental é um sistema criado visando auxiliar a administração das instituições, sejam elas públicas ou privadas, a minimizar os impactos ambientais causados por suas atividades.

Especificamente a gestão ambiental empresarial é compreendida como processos realizados por uma gestão com ações que visam a melhoria de qualidade ambiental dos produtos, processos e serviços de uma empresa (BARBIERI, 2011).

A adoção de métodos de gestão ambiental pode minimizar os custos e impactos gerados, contribuindo para a redução de geração de resíduos, evitando-se despesas extras com tratamento de regiões contaminadas, aumentando a visibilidade da empresa e a qualidade do produto e gerando competitividade no setor. Esta gestão nada mais é um conjunto de ações, que da melhor forma, integram atividades que objetivam a eliminação de impactos negativos associados à produção e destinação do lixo (AMORIM, 2015).

No caso específico dos restaurantes Kremer, Costa e Mondo (2013, p. 7) citam quatorze atitudes que os restaurantes devem tomar, para tornarem-se sustentáveis de acordo com o Grupo *Sustainable Restaurant Association* (SRA): envolvimento com a sociedade; ser justo com as pessoas; oferecer aos clientes comida saudável; marketing responsável; economizar água; reutilizar os recursos; manejo de resíduos adequados; desenvolver a cadeia de suprimentos; ter eficiência energética; buscar produtos orgânicos e oriundos da agricultura familiar; utilizar-se de uma agricultura ambientalmente positiva, bem como peixes e laticínios éticos, sem maltratar os animais e buscar o comércio justo.

Ainda na linha de pensamento sobre os restaurantes considerados sustentáveis, Fernandes (2015) afirma que as principais ações sustentáveis na cozinha para a proteção do meio ambiente estão relacionadas, a pequenos atos que levam a não desperdício de alimentos, água, energia elétrica; a utilização de equipamentos modernos que colaboram para um planejamento estratégico nas cozinhas, até controle do lixo e reciclagem. Para Gurgel, Carvalho e Salles (2015), as preocupações do setor de restaurantes com a adoção de um modelo de funcionamento que se integre a lógica da sustentabilidade podem ser compreendidas, também, no desenvolvimento do conceito de consumo sustentável, pois as principais causas da deterioração do meio ambiente estão relacionadas aos padrões de consumo e produção exercidos e ampliados ao longo das últimas décadas.

Entretanto, a adoção de práticas ambientais em restaurantes apresenta dificuldades, principalmente, em estabelecimentos de pequeno porte, já que Dias (2011) aponta que a implementação de sistema de gestão ambiental requer custos financeiros e pessoal capacitado tornando-se um empecilho às micro e pequenas empresas que não dispõem desses recursos.

Portanto, para reverter este quadro o consumidor tem papel determinante no tipo de gestão adotada dentro das empresas, devido à preocupação com o meio ambiente por parte dos

consumidores influencia os empreendimentos diretamente, como sua posição em relação a políticas ambientais e a qualidade dos produtos, exigindo das empresas uma responsabilidade ambiental. Junqueira (2002) afirma que as empresas perceberam essa mudança de comportamento dos consumidores em relação ao ambiente e aliaram o desenvolvimento sustentável na produção industrial e obtiveram vantagem competitiva. Desta forma, agregar o desenvolvimento sustentável aos produtos pode conferir um valor de mercado superior.

METODOLOGIA

Caracterização da área de estudo

A cidade de Pau dos Ferros-RN é um município brasileiro no interior do estado do Rio Grande do Norte, localiza-se no Oeste Potiguar e possui cerca 30.206 habitantes, com uma região aproximada de 259,959 km², sendo considerada a décima oitava mais populosa do estado e a primeira de sua microrregião, passam pelo município cerca de cinquenta mil pessoas por dia, devido ao seu amplo mercado de comércio e serviços, que oportuniza o estabelecimento de uma grande diversificação de empreendimentos alimentícios (IBGE, 2010).

Em 2013, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Produto Interno Bruto (PIB) do município de Pau dos Ferros era de R\$ 318 369 mil reais, dos quais R\$ 213 237 mil do setor terciário. Com isso, a prestação de serviços alimentícios vem se consolidando como importante fonte econômica e social para o município, já que conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE (2017), atualmente, possui 44 micros e pequenas empresas ativas classificadas como restaurantes e similares na cidade.

Classificação da pesquisa

A pesquisa classifica-se conforme sua finalidade em descritiva (registra e descreve as características dos empreendimentos de restaurantes de Pau dos Ferros-RN) e, exploratória (identificar as deficiências no gerenciamento ambiental nos restaurantes do município de Pau dos Ferros-RN). Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, enquadra-se como levantamento *survey* (envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento deseja-se conhecer através de algum tipo de questionário) e bibliográfica (levantamento bibliográfico sobre restaurantes, avaliação de impactos ambientais e gestão ambiental) (PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

A metodologia adotada refere-se a uma análise qualitativa e quantitativa dos restaurantes, sendo a abordagem qualitativa na definição “[...] utiliza a coleta de dados sem medição numérica para descobrir ou aprimorar perguntas de pesquisa no processo de interpretação”. Os mesmos autores destacam ainda que os dados qualitativos são “descrições detalhadas de situações, eventos pessoais, interações, condutas observadas e suas manifestações” (SAMPIERI; CALLADO; LUCIO, 2013, p. 34).

Procedimentos metodológicos

O presente trabalho foi desenvolvido nos restaurantes do município de Pau dos Ferros/RN, no período de junho a outubro de 2017, trata-se de um estudo realizado em 17 restaurantes, nos quais foram selecionados os estabelecimentos foram selecionados

com base nos seguintes critérios: i) serem caracterizados como restaurantes, ii) aceitarem participar da pesquisa. Inicialmente realizou-se um levantamento bibliográfico em livros, revistas e dissertações sobre os aspectos gerais dos restaurantes (com a finalidade de descrever os restaurantes, como os serviços são ofertados nestes empreendimentos); avaliação de impactos ambientais (com o objetivo de definir o método utilizado para identificar os impactos expressivos do setor investigado) e gestão ambiental (com o advento de elaborar ações para mitigar os impactos ambientais identificados).

Posteriormente, levantou-se o quantitativo de estabelecimento que são classificados como restaurantes no município de Pau dos Ferros/RN, pois Portal Educação (2012) um restaurante é formado pelos estabelecimentos que servem refeições completas (entradas, pratos principais e sobremesas). Para obtenção dos dados do levantamento, foram elaborados questionários sobre aspectos gerais dos restaurantes, uso de recursos naturais e insumos e análise ambiental do empreendimento, sendo respondido pela direção ou pelo responsável da empresa.

Em seguida, realizou-se visitas aos restaurantes do município de Pau dos Ferros-RN a fim de identificar os principais aspectos gerais dos restaurantes (identificar um perfil dos estabelecimentos e conhecer o setor), uso de recursos naturais e insumos (identificar o processo produtivo, o consumo de insumos e matérias primas) e análise ambiental dos empreendimentos (identificar a gestão ambiental nos estabelecimentos, tais como as práticas ambientais e o gerenciamento de resíduos), com o objetivo de termos uma visão mais ampliada das práticas que poderiam ser consideradas sustentáveis e servirem de base para a avaliação dos resultados da pesquisa.

Juntamente a essa visita, aplicou-se questionário e registro fotográfico para identificar os impactos ambientais nas empresas investigadas, já que se trata de um método rápido e conciso (SÁNCHEZ, 2012). Por fim, para o tratamento dos dados utilizou-se o programa Excel 2016, no qual os dados coletados em campo foram dispostos em uma planilha e de posse de todos os recursos possíveis (tabelas, gráficos, entre outros), elencou-se os resultados mais expressivos da pesquisa para que fosse possível realizar uma análise detalhada dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aspectos gerais dos restaurantes

Os restaurantes da cidade de Pau dos Ferros/RN têm cerca de 12 funcionários e dispõem de uma renda média anual de R\$ 300.000,00 conforme o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (2016). Uma empresa individual com receita bruta igual ou inferior a R\$ 360.000,00 é classificada como microempresa. Os estabelecimentos funcionam todos em imóveis na zona urbana, sendo em sua maioria alugados (58,82%), enquanto os demais são próprios em condição de pagamento (41,18%). Estas propriedades possuem tamanho 17,65% apresentam até 50 m²; 52,94% tem entre 51 m² a 100 m²; 23,53% têm de 101 m² a 200 m² e; 5,88% apresentam acima de 200 m².

Os restaurantes investigados atuam no mercado com tempo razoável, entretanto ainda são considerados como empreendimentos novos, sendo 52,94% com período de funcionamento superior a 10 anos; 5,88% entre 6 a 9 anos; 23,53% funcionam de 2 a 5 anos e; 17,65% até 1 ano. Conforme Tomio e Schmidt (2016) dos pequenos restaurantes

avaliados nas suas pesquisas, 35% possuem idade entre 15 a 25 anos; 42% tem de 2 a 10 anos de existência; 18% menos de 5 anos e 5% possui mais de 25 anos de idade. Percebe-se que a maioria pode ser considerada como novo empreendimento.

As atividades dos restaurantes tradicionais têm sofrido uma progressiva modificação, voltando seu perfil para atividades noturnas, tipos bares e lanchonete, onde as refeições diurnas é apenas uma parcela, muitas vezes menor, no faturamento total do estabelecimento (SOUZA, D.P., et al., 2012). Os estabelecimentos avaliados dispõem de horários de funcionamentos variados, com predomínio dos que operam nos turnos matutino e vespertino 41,18%; enquanto 35,29% operam apenas no horário de almoço; 17,65% funcionam em tempo integral e; 5,88% abrem no turno da noite,

Ainda sobre a infraestrutura dos restaurantes investigados observou-se uma forma variada na divisão do espaço, com predominância de: área social (29,82%); área de cozinha (29,82%); área de banheiros (26,32%); área de estocagem (7,02%), área de estacionamento (5,26%) e área de recreação (1,75%).

Nas atividades desenvolvidas dos estabelecimentos investigados verificou-se a oferta de serviços variados, com uma maior oferta dos serviços de Selfservice (80%); A la Carte (60%); bebidas e *drinks* (40%); música ao vivo (30%); sobremesas (20%); churrasco (10%); massas (10%); comidas regionais (10%); entrega em domicílio (5%) e sushi (2%). Ainda acrescenta que em menor escala são ofertados outros tipos de serviços, como por exemplos: marmitas, prato feito, rodízio, serviços de buffet, frutos do mar, petiscos, dentre outros. Nas pesquisas de Tomio e Schmidt (2016) os restaurantes oferecem cardápios variados, entre eles: pizzaria (8); churrascaria (6); comida chinesa (3); japonesa (3); internacional (2); alguns (5) oferecem comida típica alemã, mas nenhum é especializado ou exclusivo, variando com comida internacional. Os demais (4) oferecem gastronomia variada (de lanches até comida brasileira ou grelhados).

Uso dos recursos naturais dos restaurantes

A análise de uso dos recursos naturais e insumos dos restaurantes do município de Pau dos Ferros - RN se dá por meio de indagação acerca do consumo de água, consumo de energia e, tipos e procedência dos produtos utilizados. O consumo de água nos estabelecimentos investigados é considerável visto que quando comparado aos dados obtidos por Tomio e Schmidt (2016) onde dos restaurantes que fazem controle do consumo de recursos hídricos 16,1% consomem de 151 m³ a 300 m³; 12,9% consomem até 50 m³ e 9,7% possuem o consumo na média de 51 m³ a 150 m³. Tendo em vista que nesta pesquisa 35,29% utilizam até 100 m³/mês de água, 23,53% utilizam entre 101 a 200 m³/mês, 23,53% utilizam entre 201 a 300 m³/mês e, apenas 17,65% utilizam acima de 300 m³/mês para atividades de preparo dos alimentos, limpeza do ambiente e, uso pessoal.

Em estudos de Strasburg e Jahno (2017), a água entra em todas as etapas relacionadas com processos de limpeza e higienização, tanto de alimentos quanto de estrutura física, equipamentos e utensílios, além de ser constituinte para a cocção de várias preparações.

A origem da água utilizada nos restaurantes, em sua maioria, é externa, observa-se que são mínimas as ações de reutilização dos recursos hídricos nos restaurantes, entre as medidas estão a reutilização da água para limpeza dos estabelecimentos. O tratamento dos recursos hídricos adotados pelos restaurantes é realizado apenas nos que utilizam água de poços, nos quais são verificados a qualidade da água anualmente (Tabela 1).

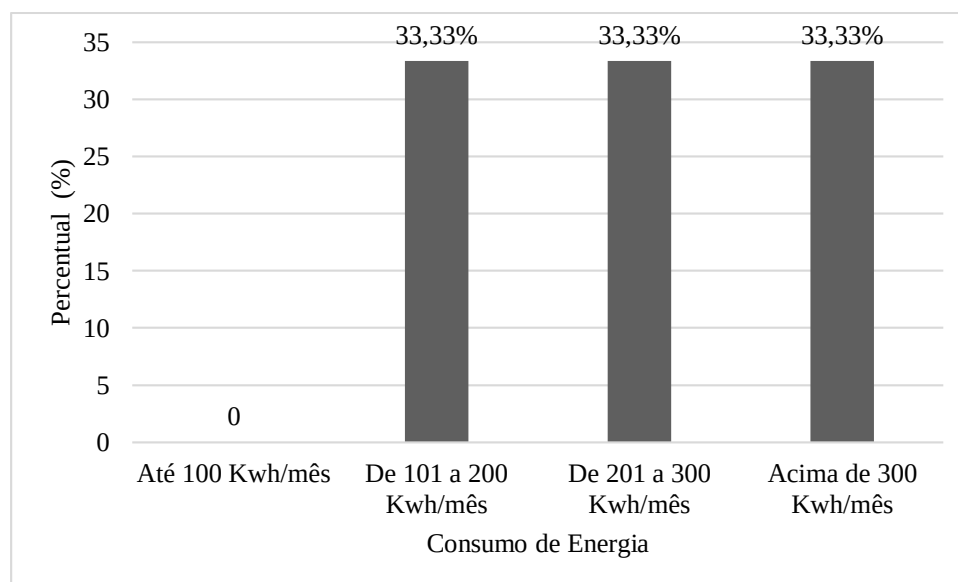
Resultados divergentes foram determinados por Tomio e Schmidt (2016), ao evidenciarem que 84,62% dos restaurantes entrevistados evitam o desperdício, ao economizar e reutilizar a água, ainda segundo os autores o custo de água na conta de um restaurante tem um peso expressivo. Diante dessa situação, Tomio e Schmidt (2016) salientam que gerenciar melhor estes custos de água e de esgoto, pode resultar em redução de despesas e de desperdícios. Mas também, serve orientação para o controle na adoção de ações de preservação ambiental.

Tabela 1: Ações de prevenção e controle da poluição hídrica.

Requisitos	Muita Frequência	Frequentemente	Regularmente	Raramente	Nunca
Reutilização da água	6,25%	0%	0%	0%	93,75%
Tratamento da água	5,88%	5,88%	0%	11,76%	76,48%
Média	6,06%	2,94%	0%	5,88%	85,12%

O setor de restaurantes são os maiores usuários de energia elétrica, chegando a usar cinco vezes mais esse recurso por m² em relação a outros empreendimentos comerciais (CHOU et al., 2012). Desta forma nos restaurantes da cidade de Pau dos Ferros – RN observa-se que o consumo apresentou valores característicos (Figura 1).

Figura 1: Consumo de Energia.



Fonte: Autor, 2018.

O elevado consumo energético possibilita adoção de técnicas de redução de consumo de energia, já que em média 72,21% apontaram utilizar com muita frequência, frequentemente e regularmente esses recursos (Tabela 2).

Tabela 2: Ações de prevenção e controle dos recursos energéticos.

Requisitos	Muita Frequência	Frequentemente	Regularmente	Raramente	Nunca
Racionalização da energia	52,94%	23,53%	17,65%	0%	5,88%
Uso de equipamentos com baixo nível de consumo	23,53%	23,53%	17,65%	11,76%	23,53%
Usos naturais para de ventilação e iluminação	30%	30%	25%	20%	10%
Uso de gerador de energia elétrica	10%	10%	30%	30%	20%
Média	29,11%	21,77%	21,33%	15,44%	14,85%

As técnicas adotadas para redução do consumo de energia nos estabelecimentos pesquisados vão desde o desligamento de lâmpadas, ventiladores e aparelhos nos períodos com menores fluxos de clientes, passando por utilização de condições naturais para iluminação, até a utilização de aparelhos temporizadores em freezer e geladeiras, garantindo que ambos os eletrodomésticos funcionem no horário de maior fluxo e no restante do tempo tenha suas funções interrompidas, controlando assim, o consumo de energia do estabelecimento.

Figura 2: Condições naturais para iluminação.



Figura 3: Aparelhos temporizadores em freezer.



Fonte: Autor, 2018.

Analisando os aspectos ambientais dos restaurantes do município de Pau dos Ferros-RN relacionados com os tipos e procedência dos produtos utilizados, observou-se predominância em 100% das empresas utilizam: embalagens de papel/papelão, plásticos, material de limpeza e, alimentos de origem animal e vegetal; 80% utilizam óleo; 50% usam embalagens de vidros; 10% adquirem lâmpadas e; 5% utilizam entre outros tipos de produtos no seu processo produtivo. Corroborando tais resultados Kinasz e Werle (2004), pois afirmaram que os produtos mais usuais nestes estabelecimentos são alimentos, papel, papelão, metais, vidros, dentre outros. Portanto, a partir da variedade de materiais utilizados nas empresas analisadas, pode-se inferir a possibilidade de implementação de programas ambientais conforme Sachs (1993). Deve ser buscada mediante a racionalização do aporte de recursos; da redução do volume de resíduos e com

práticas de reciclagem; da conservação de energia; bem como através do empenho no desenvolvimento de pesquisas que façam uso de tecnologias ambientalmente mais adequadas e na implementação de políticas de proteção ambiental.

Ao analisar a procedência da origem dos alimentos utilizados no seu processo produtivo, os 80% restaurantes analisados afirmaram que são provenientes do município de Pau dos Ferros-RN, enquanto 20% apontam ter origem de outras localidades. Portanto, a análise da atividade produtiva de um restaurante é um passo importante para entender como e onde é possível atuar para minimizar o desperdício, principalmente das matérias-primas utilizadas para essa atividade (DOMINGUES et al., 2016).

Análise ambiental dos restaurantes

A análise ambiental dos restaurantes do município de Pau dos Ferros-RN envolve a verificação da sua legalidade ambiental, percepção de ambiental, gestão dos resíduos sólidos, gerenciamento de efluentes líquidos e adoção de práticas ambientais. Ao investigar a existência de licenças ambientais nos restaurantes analisados, 52,94% possuem, enquanto 29,41% não possuem e, o restante 17,65% não tem conhecimento. Estes altos valores referem-se ao fato de se tratar de um setor alimentício, que possuem maior fiscalização, iniciando pela vigilância sanitária.

Apesar desse satisfatório cenário de legalidade ambiental, observa-se que o setor investigado ainda apresenta limitações em seus processos e serviços, principalmente, no que diz respeito à gestão de resíduos sólidos, que envolve na caracterização dos resíduos sólidos gerados, forma de armazenamento, tipo de coleta, tempo de periodicidade do transporte, modelos de tratamentos e locais de destino. De acordo com Acre e Castilho (2013), entre os desafios mencionados para implantar a gestão ambiental em uma empresa do setor de alimentos e bebidas, destaca-se a falta de consciência ecológica dos funcionários, seguida pela ausência de apoio e incentivo do poder público para a coleta seletiva. Outro fator elucidado é a carência de mão de obra qualificada na região. Com isso, constatou-se geração de aspectos ambientais, principalmente, relacionados geração de resíduos sólidos, com destaque para os principais tipos: embalagens, materiais descartáveis, latas, garrafas, entre outros, sendo estes armazenamentos em 70,59% dos casos em locais fechados e impermeáveis, enquanto, 29,41% em ambientes abertos e permeáveis. Dessa forma, evidencia que a necessidade de esclarecimentos da importância de efetivar o armazenamento de maneira adequada, com a finalidade de diminuir a geração de proliferação de vetores de doenças.

Com isso, constatou-se geração de aspectos ambientais, principalmente relacionados geração de resíduos sólidos (Figura 4), com destaque para os principais tipos: embalagens, materiais descartáveis, latas, garrafas, entre outros, sendo estes armazenamentos em 70,59% dos casos em locais fechados e impermeáveis, enquanto 29,41% em ambientes abertos e permeáveis (Figura 5). Dessa forma, evidencia que a necessidade de esclarecimentos da importância de efetivar o armazenamento de maneira, segundo Corrêa e Lange (2011) os resíduos devem ser separados em reciclados e não reciclados, os recicláveis devem constar com um espaço reservado para armazená-los separadamente, de acordo com suas características. Os não recicláveis são devidamente acondicionados em recipientes forrados com saco plástico preto e armazenados em área determinada com a finalidade de diminuir a geração de proliferação de vetores de doenças.

Figura 4: Geração de resíduos.



Figura 5: Armazenamento aberto de resíduos.



Fonte: Autor, 2018.

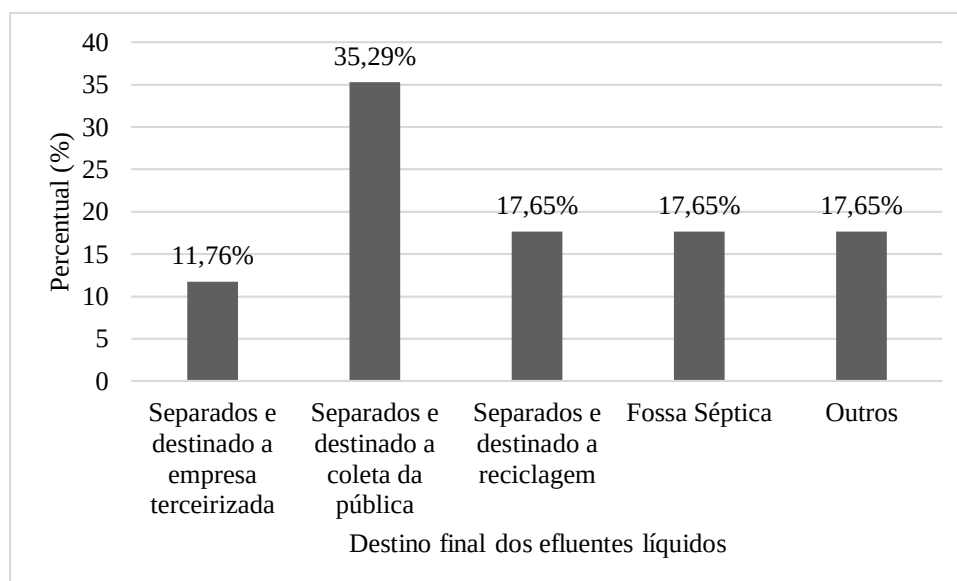
A forma de coleta dos resíduos gerados ocorre de forma diferenciada, conforme a natureza destes materiais. Para os resíduos orgânicos 88,24% dos restaurantes destinam para criadores de animais; enquanto 11,76% dos restaurantes destinam na produção de adubos para hortas cultivadas pelo próprio estabelecimento. Os resíduos inorgânicos em 88,23% dos estabelecimentos são destinados para coleta pública, enquanto 11,77% direcionam para outras empresas. Resultados contraditórios foram determinados por Pospischek, Spinelli e Matias (2014), já que praticamente todos os restaurantes investigados declararam jogar os restos de alimentos no lixo, ou seja, apenas um entrevistado (6,2%) relatou que os resíduos orgânicos do seu restaurante são separados para produzir adubo. Apesar de uma situação mais confortável comparados com outras localidades, os restaurantes de Pau dos Ferros-RN precisam de ações efetivas da coleta seletiva nas empresas investigadas.

A periodicidade do transporte dos resíduos gerados nos restaurantes de Pau dos Ferros-RN também obedece a natureza destes materiais, sendo os resíduos orgânicos coletados diariamente, enquanto para os resíduos inorgânicos observou-se que 50% dos estabelecimentos descartam os resíduos que sobram uma vez na semana, enquanto 50% descartam duas vezes na semana.

Ainda correspondendo as características dos resíduos sólidos das empresas pesquisadas, as formas de tratamento e destino final ocorrem de maneira diferenciada para cada tipo de materiais, sendo todos os resíduos orgânicos reaproveitados em outros processos produtivos; enquanto os resíduos inorgânicos para 58,82% das empresas destinam para coleta pública e, 41,17% separam suas garrafas pets para reutilizarem no armazenamento de outros produtos. Nos estudos de Pospischek, Spinelli e Matias (2014), 87,5% (n=14) dos restaurantes realizam coleta seletiva, sendo destes 18,7% (n=3) possuem em seus estabelecimentos recipientes com as cores distintas para cada tipo de resíduo. Desta forma, é preciso ações de efetivação da coleta seletiva nas empresas investigadas.

Os efluentes líquidos (óleos utilizados nos processos produtivos) gerados pelos restaurantes também apresentam destinação diferenciada correspondendo ao tipo de material (Figura 6), com isso observou-se que os que apresentam outros despejos destinam de forma inadequada ao esgoto.

Figura 6: Destino dos efluentes líquidos.



Fonte: Autor, 2017.

Resultados distintos foram determinados por Tomio e Schmidt (2016) ao determinar que 87,1% dos restaurantes entrevistados realizam a separação dos esgotos da cozinha, enquanto 12,90% dos restaurantes não utiliza nenhum tipo de separação. Diante disso se tem a necessidade de uma destinação adequada ou tratamento desses efluentes visto que Harmon e Gerald (2007) afirmam que os resíduos provenientes da produção de refeições, sejam reciclados e/ou enviados a compostagem, uma vez que os aterros sanitários devem ser considerados a última opção de envio.

A partir da análise dos aspectos ambientais dos restaurantes investigados observa-se que estes têm potencial de geração de aspectos ambientais, sendo crucial ações de mitigação destes impactos ambientais. Desta forma, indagou-se a frequência da adoção de ações ambientais, sendo que constatou baixa frequência, com predomínio de nunca realizaram (38,24%). Entre as medidas de conscientização com relação aos funcionários, estão o controle do desperdício na hora do preparo das refeições o que ocorre de forma informal, assim como as medidas ambientais adotadas pelos estabelecimentos, como afirma Tomio e Schmidt (2016), fatores como uso da água, uso de energia, geração de resíduos utilizados e/ou produzidos diariamente, são trabalhados diários em um restaurante, seja qual for seu tamanho, e deveriam, portanto, ser considerados pelos gestores como elementos de sustentabilidade.

Tabela 3: Ações ambientais implementadas.

Requisitos	Muita Frequência	Frequentemente	Regularmente	Raramente	Nunca	Total
Conscientização dos clientes	11,76%	5,88%	5,88%	5,88%	70,59%	100%
Conscientização dos colaboradores	23,53%	11,76%	17,65%	29,41%	17,65%	100%
Realização de treinamentos ambientais	0%	0%	5,88%	29,41%	64,71%	100%
Adoção de práticas ambientais	17,65%	64,71%	17,65%	0%	0%	100%

Média	13,23%	20,59%	11,76%	16,18%	38,24%	100%

Apesar da pouca adesão de ações ambientais ainda foi possível constatar alguns exemplos dessas medidas, com destaque para: conscientização dos clientes na diminuição do desperdício, sendo que o cliente paga uma taxa quando desperdiça comida, sabemos que é uma forma de se obter lucro, mas também de conscientizar os clientes, evitando ou minimizando a geração de resíduos orgânicos no estabelecimento; realização de treinamentos nos restaurantes, entretanto, ocorre de forma informal na maioria dos estabelecimentos como corrobora Barthichoto et al. (2013) observaram que 62% dos gestores de restaurantes declararam que treinavam funcionários contra o desperdício de água e de energia elétrica, porém isso foi realizado informalmente, sem um programa específico, sendo os mais realizados: resíduos orgânicos, leis ambientais, saúde e meio ambiente, segurança e meio ambiente e; execução de práticas ambientais, sendo as mais comuns: educação ambiental, gestão de resíduos sólidos, planejamento das refeições, fornecedores sustentáveis, elaboração de política ambiental, gerenciamento de água e energia.

Em suas pesquisas, Acre e Castilho (2013) evidenciaram que nenhuma das empresas oferece programa de treinamento aos funcionários para sensibilizar contra o desperdício de alimentos, materiais de limpeza, energia elétrica ou água. Os gestores apenas advertem os funcionários quando presenciam algum desperdício ou quando a conta de luz ou de água extrapola a média de consumo correspondente ao período.

CONCLUSÕES

Diante do exposto, foi possível identificar que os restaurantes do município de Pau dos Ferros – RN não possuem uma preocupação ambiental significativa, visto que os menos impactam diretamente o meio ambiente através do descarte inadequado dos seus resíduos e do manejo inadequado de seus recursos. Com isso faz-se necessária a implementação de educação ambiental nesse setor, o que poderiam minimizar expressivamente os impactos ambientais acarretado pelos restaurantes. Sugere-se ainda que os restaurantes deveriam eliminar ou reduzir esses impactos através de ferramentas de gestão ambiental empresarial, aliando a sustentabilidade e o gerenciamento de suas atividades, contribuindo economicamente e ambientalmente para os restaurantes do município.

Com isso, é necessária uma política sustentável que promovam práticas ambientais, influenciando diretamente com o desenvolvimento desse setor no município. Para isso, sugere-se a implementação do sistema de gestão ambiental com medidas de redução, reutilização e racionalização de recursos naturais, reciclagem e destinação correta dos resíduos, planejamento das refeições e conscientização de todos os envolvidos quanto a questões ambientais, visto que de acordo com o foi mostrado essas ações são mínimas ou se quer existem nos restaurantes avaliados. Ações como redução do consumo de água e energia, seleção adequada de equipamentos, tratamento dos resíduos sólidos e reciclagem de materiais são apenas alguns deles que poderiam mitigar os impactos ambientais e contribuir economicamente para com o setor.

REFERÊNCIAS

ACRE, Domitilla Medeiros e CASTILHO, Fábio Roberto. **Gestão Ambiental Aplicada ao Setor Gastronômico: Proposta para Dourados-MS**. Revista Rosa dos Ventos, 5(2), p. 248-263, abr-jun, 2013.

- AKUTSU, Rita de Cássia et al. **A ficha técnica de preparação como instrumento de qualidade na produção de refeições**. Revista de Nutrição. Campinas, v. 18, n. 2, abr, 2005.
- AMADO, Frederico Augusto Di Trindade. **Direito Ambiental Esquemático**. São Paulo: Método, 2013.
- AMORIM, Edivaldo Santos. **Logística Reversa de Pneus Inservíveis: Uma Pesquisa-Ação no Município de Três Corações (Mg)**. 2015.
- BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. – 3a. ed. Atual e ampliada. – São Paulo: Saraiva, 2011.
- BARTHICHOTO, M.; MATIAS, A. C. G.; SPINELLI, M. G. N.; ABREU, E. S. **Responsabilidade Ambiental: Perfil das Práticas de Sustentabilidade Desenvolvidas em Unidades Produtoras de Refeições do Bairro de Higienópolis, Município de São Paulo**. Revista Eletrônica Qualittas. v.14., n.1, 2013.
- BELTRÃO, F. **Estudo da Gestão Ambiental conforme a agenda ambiental na administração pública – A3P no setor público ambiental do município de Chapecó – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2014.
- CASTELLI, Geraldo. **Administração Hoteleira**, 9ª Edição, 2001, Brasil EDUCUS, Universidade de Caixas do Sul.
- CHOU, C-J; CHEN, K-S; WANG, Y-Y. (2012) **Green practices in the restaurant industry from an innovation adoption perspective: Evidence from Taiwan**. International Journal of Hospitality Management, v. 31, p. 703-711.
- CNAE, **Classificação Nacional de Atividades Econômicas**, 2017. Disponível em: <<https://empresometrompe.ibpt.org.br/Estatisticas>> . Acessado em: 2 agosto de 2017.
- CORRÊA, Margareth da Silva. LANGE, Liséte Celina. **Gestão de Resíduos Sólidos no Setor de Refeição Coletiva**. PRETEXTO 2011. Belo Horizonte v. 12 n. 1 p. 29 - 54 jan. /mar. ISSN 1517-672 x (Revista impressa). ISSN 1984-6983 (Revista online).
- DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade/ Reinaldo Dias**. - 2. ed. – São Paulo: Atlas, 2011.
- DOMINGUES et al. Geração de resíduos sólidos orgânicos em um restaurante universitário de São Paulo/SP. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade** | vol. 10, n.5| jan - maio - 2016.
- FERNANDES, Elaine Cristina Silva. **Sustentabilidade na perspectiva do segmento gastronômico**. 2015.
- GALENO, Susanne Batista; FERNANDES, Múcio Luiz Banja; SILVA, Sinara Batista da. **A Gestão de Resíduos Sólidos da Justiça Eleitoral de Pernambuco: Considerações para o programa de educação para a sustentabilidade**. Resíduos sólidos: Gestão pública e privada. – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2018. E-book. ISBN: 978-85-7946-315-0.
- GURGEL, Luzifran Maria Duarte; CARVALHO, Rodrigo Guimarães e SALLES, Maria Clara Torquato. **As Atividades De Restaurantes De Mossoró, Estado Do Rio Grande Do Norte, Sob A Perspectiva Da Gestão Ambiental**. Gestão & planejamento, Salvador, v. 16, n. 3, p. 438-456, set/dez. 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.unifacs.br/index.php/rgb>>.
- HARMON, A.H.; GERALD, B.L. Position of the American Dietetic Association: **Food and Nutrition Professionals Can Implement Practices to Conserve Natural Resources and Support Ecological Sustainability**. Journal of the American Dietetic Association, v. 107, n. 6, p. 1033-1043, 2007.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009**.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil**. Rio de Janeiro, 2010.

JUNQUEIRA, E. R. **Indicadores Econômico-financeiros e Desempenho Ambiental: um estudo exploratório**. 2002. 141f. Dissertação (Mestrado em Contabilidade) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

KINASZ, TR; WERLE, HJS. **Resíduos sólidos produzidos em alguns serviços de alimentação e nutrição nos municípios de Cuiabá e Várzea Grande – MT: fluxo da produção, destino final e a atuação do nutricionista no processo** [dissertação]. Universidade Federal do Mato Grosso; 2004.

KREMER, E. C.; COSTA, J. I. P. da; MONDO, T. S. **Análise das ações de responsabilidade ambiental implementadas nos restaurantes do centro de Florianópolis**. Revista de investigación em turismo y desarrollo local (TURyDES), v. 6, n. 14, Jun./jun. 2013.

MARTINS, Aline de Moraes. **Sustentabilidade Ambiental em Unidades de Alimentação e Nutrição coletivas de Santa Catarina. Florianópolis, 2015**. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina.

MOREIRA, I. V. D. **Avaliação de Impacto Ambiental – AIA**. Rio de Janeiro, FEEMA, 1985.

MUUN, R.E. **Environmental Impact Assessment**. New York: John Wileyand Sons, 1975.

NUNES. Radilene; (2014) **Gastronomia Sustentável**.

PITTE, Jean-Robert. Nascimento e expansão dos restaurantes. **História da alimentação/ sob a direção a direção de Jean-Louis Flandrin e MassimoMontanari**: [tradução de Luciano Vieira Machado e Guilherme J. F. Texeira]. São Paulo: Estação Liberdade, 1998. 885p.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Classificação dos estabelecimentos de A&B**. 2012. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/educacao/classificacao-dosestabelecimentos-de-ab/13301>>. Acesso em: 25 out. 2017.

POSPISCHEK, VS; SPINELLI, MGN; MATIAS, ACG. **Avaliação de ações de sustentabilidade ambiental em restaurantes comerciais localizados no município de São Paulo**. Demetra; 2014; 9(2); 595-611.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**-2ª Edição. Editora Feevale, 2013.

RUPPENTHAL, J; E. **Gestão ambiental. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Rede e-Tec Brasil**, 2014.

SAMPIERI, R.H.; CALLADO, C.F.; LUCIO, M.P. (2013) **Metodologia da pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso. 624p.

SÁNCHEZ, Luiz Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos / Luis Enrique Sánchez**. – São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impactos Ambientais: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SCHNEIDER, F. **Review of food waste prevention on international level. Proceedings of the ICE—Waste and Resource Management**, v.166, p.187-203. 2013.

SEBRAE NACIONAL, **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas**. 17/05/2017. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/bares-e-restaurantes-um-setor-em-expansao,1038d53342603410VgnVCM100000b272010aRCRD>>. Acessado em: 22 de junho de 2017.

SEBRAE NACIONAL, **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas**. 05/05/2016. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/entenda-as-diferencas-entre-microempresa-pequena-empresa-e-mei,03f5438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD>>. Acessado em: 25 de outubro de 2017.

SERVIÇOS DE ALIMENTAÇÃO. O Turismo no Brasil: **Panorama Geral, Avaliação da Competitividade e Propostas de Políticas Públicas para o Setor** – Neit-IE-Unicamp, 2007.

SILVA, S. D. Restaurantes: **Estudo sobre o aproveitamento da matéria-prima e impacto nas sobras do meio ambiente**. (Dissertação) Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade de Taubaté: SP. 2008. 64f.

SILVA, M. M. N.; SOUSA, E. F.; ARAÚJO, G. V. R. **Gerenciamento de resíduos sólidos do abatedouro público de Ererê - CE**. Resíduos sólidos: Gestão pública e privada. – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2018. E-book. ISBN: 978-85-7946-315-0.

SOUZA, SANTOS E SANTOS (2012). **Estimativa do consumo de água em restaurantes na cidade de Cascavel – PR**. Acta Iguazu, Cascavel, v.1, n.3, p. 50-63, 2012.

STRASBURG, Virgílio José; JAHNO, VanuscaDalosto. **Paradigmas das práticas de gestão ambiental no segmento de produção de refeições no Brasil**. Práticas de gestão ambiental na produção de refeições. 2017. EngSanitAmbient | v.22 n.1 | jan/fev 2017 | 3-12.

TAVARES, Nathália Stefane Gomes; OLIVEIRA, Marcony Vinícius Gomes de; CORDEIRO, Ramon Borges; CARDOSO, Mariana Ferreira Martins. **Avaliação dos impactos ambientais de uma indústria de plástico no município de Gravatá-PE**. Resíduos Sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais. – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2018. E-book. ISBN: 978-85-7946-313-6.

TOMIO, Marialva; SCHMIDT, Carla Maria. **A sustentabilidade da água em pequenas empresas: O desafio dos restaurantes de Blumenau, Sc**. R. gest. Sust. ambient., Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 31- 51, out. 2015/mar.2016.

VENTURI, James Luiz. (2010). **Gerenciamento de bares e restaurantes**. Porto Alegre: Bookman.

Capítulo 6. Resíduos orgânicos

6.1. DIAGNÓSTICO DO RESÍDUO DE PODA: ESTUDO DE CASO DO CAMPUS DE CHAPADINHA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

NEVES, Rafael Alves das

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
rafaelalves.99@hotmail.com

MARTINS FILHO, José Bonifácio

UFMA
boni.martins@outlook.com

FERRÃO, Gregori da Encarnação

UFMA
gregoriferrao@yahoo.com.br

PIRES, Isabela Cristina Gomes

Universidade de São Paulo
icgpires@yahoo.com.br

RESUMO

No Brasil, mais de 50 % dos resíduos gerados são orgânicos, desses é relevante à quantidade de resíduos provenientes das atividades de poda, entretanto, esses resíduos na maioria das vezes recebem destinação inadequada acarretando em danos ao meio ambiente. Esse estudo tem como objetivo identificar os pontos de geração de resíduo de poda no campus de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão, quantificá-los e analisá-los em relação à sua destinação final no campus. O estudo foi realizado no período de dezembro de 2017 a março de 2018 por meio de um questionário aberto aplicado aos funcionários envolvidos no processo de coleta e destinação deste tipo de resíduo, sendo a análise estatística realizada do tipo descritiva. Estima-se que são gerados, aproximadamente, 2 toneladas/ano de resíduos de podas de jardim. Esses são dispostos em área verde nas próprias limitações do campus como forma de destinação final, caracterizando-se como uma alternativa adequada de destinação. O modelo de gestão de resíduos vegetais do campus é ambientalmente adequado, pois consegue colaborar na ciclagem de nutriente no ecossistema local como uma forma de compostagem natural. Recomendam-se estudos utilizando os resíduos descartados a fim de encontrar formas viáveis para maior valoração dessa matéria orgânica vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: Destinação de resíduos, PNRS, Resíduos vegetais.

INTRODUÇÃO

A destinação final dos resíduos sólidos produzidos nas cidades são um dos principais agravantes quanto às problemáticas de ordem ambiental no cotidiano da humanidade, muito por conta que esses produtos foram associados como subprodutos do sistema econômico, ou seja, o importante era que apenas fosse feito a retirada dos resíduos para locais distantes da urbanização, não havendo preocupação alguma com a sua destinação (EIGENHEER, 2009).

Dentre a classificação dos resíduos sólidos, mais, especificamente, os de origem urbana estão os resíduos de podas, os quais podem gerar impactos ao meio ambiente ocasionado, principalmente, por uma má gestão feita pelos municípios quanto geração e destinação destes (SILVA, 2016). Os resíduos verdes são conhecidos como aqueles oriundos de poda, cortes de árvores e plantas podendo ser considerados como resíduos da arborização das cidades (VALE, 2016).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), pela norma NBR-10.004 (vinculada à NBR-10.007, a qual normatiza a amostragem dos resíduos), classifica como Classe IIA (Não inertes), os resíduos advindos das podas, podendo apresentar propriedades de combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em água, dos quais estão inseridas nessa classe o papel, o papelão e a matéria vegetal (ROCHA et al., 2015).

Os resíduos de poda são classificados como resíduos urbanos devido à origem, quanto à periculosidade, esses resíduos são classificados como resíduos não perigosos (BRASIL, 2010). Os resíduos provenientes de podas de árvores e plantas são classificados quanto ao seu aproveitamento como sendo: sem aproveitamento energético e incluindo este aproveitamento. Nesse sentido (CORTEZ, 2011, p. 46):

Em relação ao aproveitamento não energético, são apresentadas duas aplicações: (i) reutilização pela confecção de pequenos objetos de madeiras, por meio de atividades de artesanato, obras de arte, confecção de bancos de jardins, cercas, entre outros e (ii) compostagem, também conhecida como reciclagem orgânica. Na vertente energética, são abordadas tecnologias relacionadas a processos físicos (briquetagem e peletização), processos termoquímicos (combustão, pirólise, gaseificação) e processos biológicos (digestão anaeróbia).

Os resíduos de podas por se tratarem de materiais independentes de atividade industrial possuem, naturalmente, um considerável potencial de aproveitamento, muito em virtude de ser um material abundante e independente do mercado. Dessa forma, as dificuldades encontradas no Brasil quanto ao reaproveitamento dos resíduos de poda estão, principalmente, atreladas à má gestão dos municípios, pois, não quantificam esses materiais que poderiam ser aproveitados (CORTEZ, 2011).

Dada à importância e disponibilidade desses resíduos urbanos, o presente estudo tem como objetivo identificar os pontos de geração de resíduo de poda de jardim no campus de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão quantificá-los, bem como analisar a destinação final desses resíduos no campus.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil foi um marco importante como início promissor quanto à articulação institucional entre a União, Estados e

Municípios, além de participações efetivas do setor privado, bem como, da sociedade civil de forma geral proporcionada pela busca em comum relacionada à solução de problemas de grande relevância territorial no qual comprometam a qualidade de vida da humanidade (SILVA, 2016).

Atualmente, a forma mais comum de destinação dos resíduos sólidos no Brasil se dá de forma inadequada em aterros sanitários e lixões. Cabe ressaltar, que a forma inadequada de destinação desses resíduos pode contribuir de forma negativa para poluição do meio ambiente (SANTOS FILHO et al., 2016).

Os aterros sanitários consistem em um método de aterramento dos resíduos em uma área preparada para tal finalidade de modo a proporcionar diminuição dos impactos negativos ao meio ambiente (JESUS, 2014). O lixão é a forma inadequada de dispor os resíduos sólidos urbanos sobre o solo, sem nenhuma impermeabilização, sem sistema de drenagem de lixiviados e de gases e sem cobertura diária do lixo, causando impactos à saúde pública e ao meio ambiente (ELK, 2017).

Em relação ao diagnóstico dos resíduos de podas na cidade de São Paulo, (ROCHA et al., 2015, p. 1) relatam que:

A Prefeitura Municipal de São Paulo estima recolher de 3,5 a 4 mil toneladas de resíduos da poda de árvores por mês. O volume anual pode chegar a 50 mil toneladas (galhos e troncos). Falta uma metodologia mais adequada para gerir esses resíduos, atualmente: a maior parte vai para lixões ou aterros sanitários, formas não sustentáveis de destinação, que inviabilizam o retorno da matéria orgânica ao solo.

Quanto ao destino dos resíduos de poda, esses podem ser aproveitados de forma energética ou não energética (CORTEZ, 2011). Geralmente, a destinação dada aos resíduos provenientes de restos de poda é dada pela disposição em aterros sanitários e lixões, forma essa que se mostra sustentavelmente inadequada, pois, não possibilita a utilização do poder calorífico, bem como do teor de matéria orgânica os quais poderiam ser reaproveitados ao disponibilizar macro e micronutrientes para o sistema solo, além de melhorias em relação à qualidade edafológica. (RODRIGUES et al., 2015).

Em relação à vertente não energética de aproveitamento dos resíduos de poda, destaca-se a compostagem que é caracterizada como o processo de transformação de materiais orgânicos por meio de processo biológico, em fertilizantes orgânicos utilizáveis na agricultura (DORES-SILVA et al., 2013). A prática da compostagem é comum em propriedades rurais de reciclagem de resíduos orgânicos (CRUZ et al., 2016). A compostagem dos resíduos de poda podem proporcionar vários benefícios, nos quais podem-se destacar as seguintes vantagens de acordo com Rocha et al. (2015):

- Reduz a necessidade de usar herbicidas e pesticidas;
- Reduz a quantidade de lixões e aterros sanitários;
- Melhora a qualidade do solo, enriquecendo-o em nutrientes;
- Aumenta a capacidade de absorção de água pelo solo;
- Melhora a aeração do solo;
- Ativa substancialmente a vida microbiana.

Na vertente energética, pode-se citar a biodigestão anaeróbia com uso de biodigestores, pois, segundo Santos Filho et al. (2016), “que além de gerar biofertilizantes (também produzido pelo processo de compostagem), existe um potencial de produção de biogás e metano, que pode ser utilizado como fonte de energia”.

A biodigestão anaeróbia é o processo que ocorre a partir da ação de microrganismos anaeróbios, ou seja, na ausência de oxigênio, interagindo e proporcionando a transformação de composto orgânico complexos, em compostos mais simples, dessa forma a produção de biogás ocorre de forma natural (SILVA, 2016; CREMONEZ et al., 2013). O biogás tem origem na biodegradação anaeróbia da matéria orgânica, existente nos resíduos sólidos orgânicos, a partir da mistura gasosa de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) (SANTOS et al., 2013). O biodigestor pode ser descrito como sendo um tanque no qual a biomassa é inserida, adicionando-se água na ausência de oxigênio, ocorrendo à degradação da matéria orgânica em meio anaeróbio, no qual o resultado é a produção de biogás e biofertilizante como subproduto da biodigestão anaeróbia (BARROS JÚNIOR et al., 2016; BAUNGRATZ et al., 2013).

A PNRS, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, aborda quanto à gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, que deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. A biodigestão de resíduo orgânico é uma alternativa atraente ao se considerar que a PNRS aborda que metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos precisam ser estabelecidos. Além disso, de acordo com a PNRS, prevalece a prioridade de tratamento do resíduo em relação à sua disposição em aterro (BRASIL, 2010).

METODOLOGIA

Descrição da área de estudo

O estudo foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Federal do Maranhão, situado no município de Chapadinha-MA na região do Alto Munim, que possui coordenada geográfica de 3°44' S e de 43°21' O, altitude de 105 m e uma área de 3.247 km² (IBGE, 2017). O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e úmido (Aw), com temperatura média anual superior a 27,9 °C e precipitação pluvial média anual de 1.835 mm.

A região é caracterizada por duas estações no ano, uma chuvosa entre os meses de janeiro a maio (inverno) e uma seca ao longo de junho a dezembro (verão), sendo que os meses de outubro e de novembro têm a maior temperatura do ano com média de 29,3 °C (PASSOS et al., 2016).

Procedimento de estudo

O presente estudo foi realizado entre os meses de dezembro de 2017 ao mês março de 2018, por meio de um questionário aplicado na forma de entrevista com funcionários responsáveis pela atividade de poda de árvores e plantas de jardins do campus, bem como por meio do acompanhamento dessas atividades *in loco*. O questionário elaborado foi do tipo aberto formulado com 15 questões, sendo aplicado para todos os funcionários responsáveis pela poda (4 trabalhadores), com intuito de proporcionar a obtenção de respostas referentes a parâmetros quantitativos e qualitativos da geração e destinação dos resíduos de podas de jardins do campus de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão, no qual aborda questões referentes à frequência de realização das atividades de poda, espécies de plantas podadas, quantidade de resíduos oriundos das podas de jardim, bem como, à destinação final desses resíduos. A análise estatística realizada foi do tipo descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os serviços referentes às atividades de poda do campus de Chapadinha da Universidade Federal do Maranhão são realizados por uma empresa terceirizada contratada para as atividades operacionais do campus. A espécie vegetal podada é a *Ixora coccínea*, mais conhecida popularmente como alfinete. As podas de jardim do campus são realizadas uma vez ao mês, e

dispõe para essa atividade de uma equipe de trabalho de quatro funcionários. A priori realizou-se a identificação dos pontos de geração de resíduo verde de jardim no campus (Figura 1).

Figura 1: Imagens de satélite do CCAA-UFMA com as delimitações em vermelho das áreas verdes submetidas à poda.



Fonte: Google Earth (2018).

A equipe de trabalho responsável pela atividade de poda do campus são todos do sexo masculino, com idades que variam entre 23 a 45 anos, no qual se constatou que quanto ao grau de escolaridade à maioria dos funcionários (75%) possuem ensino médio completo e 25% tem o ensino fundamental. Os funcionários realizam suas atribuições de serviços gerais numa jornada de trabalho de 8 horas por dia durante 5 dias na semana, sendo que as atividades dos funcionários não se restringem apenas a poda. Estes resultados corroboram parcialmente com os obtidos quanto às equipes de trabalho nos serviços de poda e remoção, segundo estudo realizado por (MEIRA, 2010, p. 90):

A equipe de trabalho é formada por funcionários do sexo masculino e com idade entre 25 a 50 anos. O grau de escolaridade da maioria dos funcionários é de 71% com ensino fundamental, 19% com ensino médio e 10% superior. A jornada de trabalho média é de 8 horas por dia e 5 dias por semana.

A execução das atividades de poda de jardim do campus não é concluída em um único dia, sendo dessa forma realizada em um tempo médio de três dias. Dessa forma, devido às altas temperaturas da microrregião de Chapadinha – MA, essas atividades são realizadas apenas durante o turno da manhã (08:00 às 11:00 horas). As condições climáticas exercem influências importantes sobre o trabalhador, ou seja, em condições desfavoráveis, o trabalhador fica exposto à fadiga, indisposição, além de extenuações físicas e nervosas, acarretando em redução de sua concentração e, conseqüentemente, proporcionando o aumento a riscos por acidentes, bem como, exposição a diversos agentes causadores de doenças (COUTO, 1995).

Os materiais e/ou as ferramentas utilizadas para realização das atividades de podas do campus são fornecidos pela empresa terceirizada contratada para a referida finalidade, nos quais pode-se citar: os equipamentos de proteção individual (EPI's) e os equipamentos de proteção coletiva (EPC's). Os principais equipamentos de proteção (EPI/EPC) utilizados para a realização das podas são: Botas, luvas, uniformes com mangas longas para proteger da exposição solar,

protetor solar, óculos, protetor auditivo, além de placas e fitas de sinalização de segurança. Quanto aos materiais/ferramentas, os principais utilizados para os mesmos fins são os seguintes: tesouras específicas para podas, facões, vassouras de aço do tipo ciscador, pás, sacos plásticos e carrinho de mão.

Anualmente, com a realização das atividades de podas de jardim do campus estima-se que são gerados aproximadamente 2 toneladas de resíduos de podas de jardim, sendo realizadas doze podas por ano no referido campus. Em cada procedimento de poda realizado são gerados aproximadamente 20 sacos de 200 litros de resíduos, cada saco pesando em média 8,1 kg (Figura 2), que após a realização da poda esses resíduos são acondicionados nos referidos sacos plásticos e transportados com auxílio de carros de mão para serem descartados.

Figura 2: Saco de 200 litros com resíduos da poda.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Após o transporte dos resíduos de poda, esses são dispostos em qualquer área verde no próprio campus, sendo essa a sua destinação final. Cabe ressaltar o quão importante é dar aos resíduos de poda uma correta destinação, pois, a disposição desses resíduos em aterros sanitários ou lixões podem acarretar em problemáticas diversas, pois, os resíduos de poda misturam-se a outros resíduos depositados nesses locais, interagindo biológica e quimicamente, proporcionando a formação de subprodutos gasosos (CO_2 , H_2S e CH_4) e lixívia – exigindo-se de tratamento por métodos adequados para evitar impactos ao meio ambiente (ROCHA et al., 2015). Outra forma de destinação inadequada para tais resíduos se daria na forma de queimadas a céu aberto, prática essa muito comum na região que contribui com a emissão de poluentes ao meio ambiente.

A atividade de poda do campus está sendo realizada adequadamente, pois, seus resíduos são depositados em área verde no próprio campus (Figura 3). Entretanto, apesar dos resíduos oriundos dessa atividade não receberem uma forma de aproveitamento energético, esses não são destinados aos lixões, aterros sanitários ou queimados, evidenciando assim, que os resíduos de podas do campus recebem uma destinação adequada, uma vez que não geram impactos ambientais negativos. Cabe ressaltar, a importância da retirada do saco plástico antes de dispor os resíduos de poda em área verde, sendo este procedimento feito pelos profissionais responsáveis pela atividade de poda no campus. A disposição desses resíduos em áreas verdes pode ser caracterizada

como uma alternativa de aproveitamento não energética, uma vez que haverá a reposição de nutrientes no solo.

Figura 3: Destinação final dos resíduos de poda do campus.



Fonte: Próprio autor, 2018.

Em relação ao aproveitamento não energético dos resíduos de poda de jardim destaca-se o método da compostagem que pode ser definido como sendo um processo controlado de decomposição microbiana com oxidação e oxigenação de massa heterogênea de matéria orgânica (LEAL et al., 2013). A compostagem também é um importante agente que pode ser utilizado para restaurar a fertilidade de solos com deficiências em nutrientes proporcionando melhor custo benefício por conta da economia quanto ao consumo de fertilizantes industriais (FELICORI et al., 2016). É evidente que, atualmente, é bastante comum a utilização de formas de decomposição natural de resíduos orgânicos no campus. No entanto, ressalta-se que o método da compostagem é uma alternativa sustentável a qual permite o controle da geração de fertilizantes orgânicos, bem como é importante salientar a utilização desse método como forma de disseminação de atividades práticas para a comunidade acadêmica do campus.

Dessa forma, considera-se a destinação dos resíduos de poda do campus como uma alternativa sustentável, uma vez que esses resíduos são utilizados para recompor naturalmente os nutrientes do solo. Entretanto, existem alternativas sustentáveis mais atraentes pelo fato de agregar maior valor para destinação dos resíduos de restos de podas de jardins do campus de Chapadinha, a qual se pode citar o aproveitamento energético.

O aproveitamento energético dos resíduos de poda de jardim do campus por meio de processo de biodigestão anaeróbia com uso de biodigestores possui o potencial de proporcionar a produção de biogás que por sua vez pode ser utilizado para acionar um conjunto motogerador para geração de energia elétrica, além disso, pode-se utilizar o biofertilizante que um importante subproduto da biodigestão anaeróbia (TIETZ et al., 2013). Portanto, essa alternativa de aproveitamento é interessante partindo, principalmente, do fato de se tratar de uma proposta voltada para um centro de ciências agrárias e ambientais focadas para o desenvolvimento sustentável, pois, a questão de se trabalhar a geração de energia e destinação ambientalmente adequada de resíduos vegetais para o campus serve de vitrine para a comunidade acadêmica e sociedade em geral.

CONCLUSÕES

O modelo de gestão de resíduos vegetais do campus de Chapadinha é ambientalmente adequado, pois consegue colaborar na ciclagem de nutriente no ecossistema local, haja vista estes restos vegetais são dispostos em áreas de vegetação nativa nas próprias limitações do campus como uma forma de compostagem natural.

Por tanto, a partir do diagnóstico dos resíduos de poda do campus foi possível constatar a quantidade desses resíduos na referida área de estudo, bem como se evidenciou a adequada forma de disposição destes resíduos. No entanto, como forma de gerar valor agregado, esses resíduos poderiam receber uma melhor forma de disposição por meio do aproveitamento energético, sendo assim recomenda-se o aproveitamento energético e não energético dos resíduos de poda do campus através do processo de biodigestão anaeróbia como modelo de desenvolvimento Limpo (MDL) e método da compostagem, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, “Resíduos Sólidos” – Classificação. NBR 10004. Rio de Janeiro, 2004.

BAUNGRATZ, K. L.; OLIVEIRA, J. B.; SLONGO, N.; FRIGO, E. P.; ZANON, E. Produção de biogás a partir de biomassa residual. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, p. 1-13, 2013.

BARROS JÚNIOR, A. P.; REIS NETO, A. F.; ALVES, S. G.; RODRIGUES, G. G. Produção de biogás e biofertilizante a partir de dejetos de origem animal. In: **V Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos**, 2016.

BRASIL. Lei 12.305. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília**, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 22 jan. 2018.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho**: O manual técnico da máquina humana. Belo Horizonte: Ergo. p. 353, 1995.

CORTEZ, C. M. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia**: estudo de caso: AES Eletropaulo. 2011. 246 f. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Energia), Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.

CREMONEZ, P. A.; FEIDEN, A. ; ZENATTI, D. C. ; CAMARGO, M. P. ; ROSSI, E. ; NADALETI, W. C.; ANTONELLI, J. Biodigestão anaeróbia no tratamento de resíduos lignocelulósicos. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Palotina, v. 2, p. 21-35, 2013.

CRUZ, J. M. L.; NASCIMENTO, M. M. S.; BARBOSA, P. K. G.; SILVA, M. A. M. . A Importância da Compostagem Domiciliar: avaliação de ações na rua Presidente João Goulart, Paulista-PE. In: **EPERSOL - V Encontro Pernambucano e III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos**, 2016, Recife. Resíduos Sólidos: o desafio do GIRS face aos objetivos do Desenvolvimento Sustentável, p. 608-620, 2016.

DORES-SILVA, P. R.; LANDGRAF, M. D.; DE O. REZENDE, M. O. Processo de estabilização de resíduos orgânicos: Vermicompostagem versus Compostagem. Revista: **Química Nova**, São Paulo, v.36, p.640-645, 2013.

EIGENHEER, E. M. **História do Lixo**: A limpeza urbana através dos tempos. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2009.

ELK, A. G. H. P. V. **Redução de emissões na disposição final**. 1. ed. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

FELICORI, T. C.; MARQUES, E. A. G.; SILVA, T. Q.; PORTO, B. B.; BRAVIN, T. C.; SANTOS, K. M. Identificação de áreas adequadas para a construção de aterros sanitários e usinas de triagem e compostagem

na mesorregião da Zona da Mata, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro – RJ, v. 21, p. 547-560, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Vamos conhecer o Brasil**. Disponível em: < <http://7a12.ibge.gov.br/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/biomas.html> >. Acesso em: 06 abr. 2017.

JESUS, A. F. S. Gerenciamento sustentável de resíduos sólidos urbanos e rurais. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, Aracaju, v. 2, n. 2, p. 11 – 22, 2014.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAUJO, E. S. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **Rev. bras. eng. agrícola ambiental**, Campina Grande - PB, v.17, n.11, p. 1195-1200, 2013.

MEIRA, A.M. **Gestão de resíduos da arborização urbana**. 2010. 178 f. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ciências), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2010.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço Hídrico e Classificação Climática para uma Determinada Região de Chapadinha-Ma. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.10, n.4, p.758-766, 2016.

ROCHA, A. J. F.; SOUZA, R. L. P. ; REDA, A. L. de L. ; SILVA, G. T. Destinação sustentável do resíduo da poda de árvores urbanas. **Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress**, Porto, v. 15, p. 137-141, 2015.

RODRIGUES, P. R. B.; PICANÇO, A. P.; SERRA, J. C. V.; GUARDA, E. A.; LIMA JUNIOR, A. S. Análise do potencial de reutilização dos resíduos provenientes de poda, município de Palmas, Tocantins. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.6, n.1, p.269-284, 2015.

SANTOS, E. L. B.; NARDI JUNIOR, G. . Produção de Biogás a partir de Dejetos de Origem Animal. **Tékhnē In Lógos**, Botucatu, v. 4, p. 80-90, 2013.

SANTOS FILHO, D. A.; OLIVEIRA, L. R. G. ; VASCONCELOS, K. C.; JUCA, J. F. T. Utilização de resíduos sólidos orgânicos e rúmen bovino para a produção de metano. In: **V Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos**, 2016.

SILVA, P. F. **Avaliação do processo de adensamento de resíduos de poda de árvore visando ao aproveitamento energético: O caso do campus da USP na capital**. 2016. 125f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

TIETZ, C. M.; SOARES, P. R. H.; SANTOS, K. G. Produção de energia pela biodigestão anaeróbia de efluentes: o caso da bovinocultura. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, p. 15-29, 2013.

VALE, V. H. D. **Diagnóstico dos resíduos de podas do município de Natal/RN**. 2016. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

6.2. GERAÇÃO DE ENERGIA DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA DE JOÃO PESSOA: UMA ESTRATÉGIA DE MDL

ARAÚJO, Yuri Rommel Vieira Araújo
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
yuriaraujo@florestal.eng.br

SOARES, Helena Cristina Carvalho
UFPB
helena.soares@cear.ufpb.br

COELHO JUNIOR, Luiz Moreira
UFPB
luiz@cear.ufpb.br

CARVALHO, Monica
UFPB
monica@cear.ufpb.br

RESUMO

O descarte irregular dos resíduos da manutenção da arborização urbana apresenta potencial de causar impactos ambientais significativos e para uso energético. Este artigo avaliou os impactos ambientais de três cenários (aterro sanitário, geração de eletricidade e geração de calor) para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa, com perspectiva de desenvolvimento limpo. Foi por meio do IPCC 2013 GWP 100a utilizado na Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) que quantificou os impactos ambientais os cenários de destinação da manutenção da arborização urbana. A partir das análises realizadas, as principais conclusões foram que: O descarte atual utilizado pelo órgão municipal (aterro sanitário) é o que mais impacta o meio ambiente, com emissões de 136,34 kg de CO₂-eq/t; a geração de energia elétrica apresentou externalidade positiva e se mostrou mais viável ambientalmente que a geração de calor; a implantação de um projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo no aterro sanitário, para o aproveitamento dos resíduos da arborização urbana, é uma estratégia para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos.

Palavras-chave: Impacto Ambiental, Efeito Estufa, Energias Renováveis.

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são originários das atividades domésticas e limpeza urbana (ABRELPE, 2015). Devido à complexidade e abrangência da gestão de RSU, há dificuldades na maioria dos municípios brasileiros. Apesar de todos os esforços, nem sempre o manejo adequado dos resíduos da arborização urbana é prioridade nas agendas municipais (MEIRA, 2010). A arborização urbana é dividida em áreas verdes (parques, bosques, praças e jardins) e arborização de ruas (vias públicas). A manutenção nestas áreas é necessária e inclui irrigação, adubações complementares, tratamentos preventivos, podas e substituições de indivíduos (COPEL, 2009).

A poda urbana provém da remoção de galhos, frutos, inflorescência ou folhagens com a finalidade de promover a longevidade da árvore. Os resíduos de arborização representam uma porção significativa dos resíduos urbanos, que estão depositados em aterro sanitários e lixões, e em alguns casos são incinerados (BARATTA JUNIOR; MAGALHÃES, 2010; CEMIG, 2011; SMAS, 2013). A destinação dos resíduos da arborização resulta em um elevado custo para os municípios brasileiros. Isto significa um desperdício de recursos, já que o resíduo de arborização possui potencial energético em diversos setores industriais (MARTINS, 2013). Em João Pessoa (PB) os custos são em média de R\$ 200,00/t, incluindo transporte, combustível, mão-de-obra, deposição no aterro sanitário e demais custos operacionais (EMLUR, 2016).

No município de João Pessoa (PB), entre 2008 e 2014, o total acumulado dos resíduos da arborização foi de 127×10^3 t. De acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, até 2022 os resíduos da arborização deverão ir a uma central de triagem para reutilização. O material com potencial energético será transformado em briquetes e o não-energético será destinado a compostagem, sendo de competência da EMLUR promover a implantação de unidades de beneficiamento pelo setor privado (EMLUR, 2014). O descarte inadequado dos RSU gera impactos imediatos no ambiente e na saúde, além de contribuir (por meio das emissões atmosféricas) para mudanças climáticas. O maior impacto ocorre durante a etapa de decomposição, com potencial de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, formação de gases tóxicos, asfixiantes e explosivos, e geração de gases de efeito estufa (GEE), principalmente metano (CH_4) (GOLVEIA, 2012). Estes impactos ambientais podem ser quantificados mediante o desenvolvimento da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) do resíduo.

A ACV vem crescendo de importância na mensuração dos impactos ambientais de atividades e processos, já que é oriunda da consciência de que as melhorias em um determinado processo podem induzir efeitos secundários ao longo do ciclo de vida, que afetam de forma positiva e/ou negativa o desempenho ambiental dos bens e serviços (CARVALHO et al., 2015; FREIRE et al., 2015; PIRES et al., 2002). Entende-se por ciclo de vida como as etapas necessárias para que um produto ou serviço seja desenvolvido ou concebido, cumpra sua respectiva função e chegue à etapa de descarte, reciclagem ou reutilização. A ACV é uma metodologia capaz, portanto, de avaliar os impactos ambientais desde a extração dos recursos naturais até a disposição final do produto (GUINÉE, 2001; GUINÉE, 2002). A ACV pode ser utilizada, por exemplo, para: desenvolvimento e melhoria do produto; definição de planejamentos estratégicos e políticas públicas; gestão de impactos ambientais de produtos e serviços e marketing ecológico responsável (ACV BRASIL, 2015; CARVALHO et al., 2015; FREIRE et al., 2015).

A aplicabilidade da ACV é ampla e diversificada, e o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos no Município de Valinhos (SP) menciona que deve-se, cada vez mais, estimular a pesquisa permanente de caracterização e ACV dos produtos para subsidiar a Gestão Integrada, focando atenção também nas políticas de gestão de resíduos sólidos, com responsabilidade compartilhada entre sociedade, setor produtivo e poder público (VALINHO, 2011). Os trabalhos de Araújo et al. (2018), Carvalho et al. (2018), Coelho Junior et al. (2018) e Nascimento et al. (2018) foram realizados no aterro sanitário e da arborização urbana em João Pessoa.

Após exaustiva e detalhada revisão sistemática, não foram encontrados trabalhos brasileiros relacionados ao manejo dos resíduos da arborização urbana e suas possibilidades de inclusão em Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL). Este artigo avaliou os impactos ambientais e analisou três cenários (geração de eletricidade, geração de calor e descarte em aterro sanitário) para os resíduos da arborização urbana de João Pessoa, com a perspectiva de inclusão no mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) está estruturada e normatizada pela Organização Internacional para Normalização (ISO), por meio das ISO 14040 (2006) e ISO 14044 (2006). A ISO 14040 (2006) mostra que ACV é uma técnica que colabora na análise e interpretação de impactos ambientais por meio do levantamento e compilação de entradas (insumos), etapas de produção, consumo e saídas de um sistema de produto durante todo o seu ciclo de vida. No Brasil, a ACV é regida pelas normas ABNT NBR 14040 e 14044 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2014a; ABNT, 2014b).

A ACV é constituída por quatro fases principais que se inter-relacionam, a seguir (KLÖPPFER, 2012): Definição do objetivo e do âmbito da análise; Inventário dos processos envolvidos, com a definição das entradas e saídas do sistema; Análise dos impactos ambientais atrelados às entradas e saídas do sistema; Interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação. Uma explanação completa sobre ACV encontra-se em Guinée (2001) e Guinée (2002).

Há vários softwares disponíveis atualmente, que possuem bases de dados para processos e avaliação de impactos realizando análises e comparações dos complexos ciclos de vida de produtos (GALDIANO, 2006). O Simapro (SIMAPRO, 2015) é um software altamente especializado para desenvolvimento de ACV, que possui milhares de processos e uma série de métodos de avaliação de impactos ambientais de produtos e serviços. As estruturas básicas para análise dos impactos ambientais são: a caracterização, a avaliação de danos, a normalização, a ponderação e a adição dos danos ambientais (SIMAPRO, 2015). A base de dados utilizada foi a *Ecoinvent*, dentro da versão 8.2.0.0 do Simapro, que possui dados para milhares de produtos e processos (ECOINVENT, 2015), além de ser a mais aplicada em estudos acadêmicos.

Cortez (2011) mencionou que existem poucos relatos de utilização de resíduos da arborização em grande escala (seja para fins energéticos ou não), e lista o reaproveitamento como lenha, e produção de carvão vegetal, como forma de descarte. O trabalho de Morris, Matthews e Morawski (2011) revisou vários cenários de descarte final para resíduos da arborização (*leaf and tree waste*) do município de RedDeer (Canadá), concluindo que o aterro com recuperação de gás para energia era preferível, ao invés da incineração com produção de eletricidade (considerando-se as mudanças climáticas, carcinógenos humanos e toxicidade ao ecossistema).

O Brasil se destaca pelo potencial gerador de crédito de carbono no setor de aplicação de aterros sanitários, incluindo o aterro sanitário metropolitano de João Pessoa, sendo uma oportunidade promissora para promover o desenvolvimento municipal, por meio de apoio a uma gestão mais apropriada dos resíduos sólidos urbanos (CRUZ; PAULINO, 2010). Na área econômica, tais projetos contribuem para o aquecimento da econômica local, uma vez que vários campos da sociedade são afetados pelos setores de manutenção, assistência técnica e de serviço. Vale destacar que os recursos advindos das vendas dos créditos de carbono podem ser divididos entre o empreendedor e o município (PAVAN; PARENTE, 2006).

Em relação ao aproveitamento para geração de energia elétrica, Cortez (2011) estudou o potencial de utilização dos resíduos da arborização urbana para a geração de energia elétrica. Desenvolvendo análises técnicas, econômicas e ambientais para ciclo a vapor e digestão

anaeróbia, concluiu que uma pequena central termelétrica era mais viável para aproveitamento deste material.

Na mesma linha do estudo, Levis e Barlaz (2013), concluíram que o manejo adequado dos resíduos (em geral) é essencial para a minimização dos riscos à saúde humana e ao ambiente. Os resíduos da arborização urbana contêm quantidades significativas de materiais recuperáveis, podendo ser utilizados para produção de energia, fazendo com que o gerenciamento de resíduos seja um alvo visível e de alto impacto para a melhoria da sustentabilidade ambiental. No caso específico dos Estados Unidos, estratégias de mitigação que afetem o mix elétrico, o preço da energia, e as emissões de GEE podem realmente mudar as direções do gerenciamento atual de resíduos (LEVIS; BARLAZ, 2013). Obviamente, os sistemas de gerenciamento de resíduos da arborização urbana devem possuir flexibilidade de adaptação para diferentes composições, políticas públicas (que ainda não são realidade no Brasil), e sistemas nacionais de produção de eletricidade, para que sejam benéficos também economicamente.

O mercado de certificado de emissão de carbono pode ser uma importante fonte de recursos e incentivo para que o poder público invista nas atividades relativas ao gerenciamento de resíduos, sem comprometer a qualidade ambiental do entorno (PAVAN; PARENTE, 2006; DUARTE, 2006). Vale salientar que o último leilão da venda de certificados de emissão de gases na bolsa de valores de São Paulo, em 2012, foi negociado por € 3,30/ tCO₂ (BM&FBOVESTA, 2012). Considerando os valores referentes ao ano de 2012, se o aterro metropolitano de João Pessoa tivesse um MDL implantado, com a venda de certificado de emissão de carbono do aproveitamento para a geração de eletricidade, só com os resíduos da arborização urbana, o poder público poderia ter acrescido ao cofre municipal € 13.951,38. Em reais, resultaria em valor aproximado de R\$ 36.413,09. Utilizando referências os valores do último pregão da bolsa de valores de São Paulo e da cotação da época.

Para um município carente de fontes financeiras como João Pessoa, a implantação de um sistema de MDL é um caminho para captar recursos, e reduzir a dependência da união e do estado. Na área ambiental, entre os benefícios do biogás do aterro, se destaca a quantidade de emissão de GEE evitadas, ficando em torno de 80% menor, onde o metano (representa 60% dos gases emitidos nos aterros é um gás que apresenta um potencial de aquecimento global de 23 maior que o CO₂) corresponde a grande parte dos gases. O que pode significar mais geração de créditos negociáveis quando comparado a projetos que envolvam somente a redução CO₂ (PAVAN; PARENTE, 2006). O uso do biogás mostra-se como uma ferramenta viável para o MDL, uma vez que sua aplicação com fins energéticos pode ocorrer imediatamente, devido a tecnologia ambientalmente atrativa. Visto que a conversão em energia possibilita a recuperação do capital e incrementa a viabilidade da planta (DUARTE, 2006).

De acordo com Rovere et al.(2006), algumas iniciativas de recuperação de biogás de aterro sanitário, em andamento no país, podem gerar redução certificada de emissões (RCEs) de 2,3 milhões de t CO₂ evitado/ano. Com receita potencial de 11,4 milhões de US\$/ano, podendo ser multiplicado por 5 com iniciativas tecnicamente viável no curto e médio prazo. Isto indica que o potencial de geração de crédito de carbono é bastante promissor, constituindo-se numa oportunidade de promover a sustentabilidade social e ambiental, através do apoio a uma gestão mais adequada dos resíduos sólidos urbanos (ROVERE et al., 2006).

Com relação ao cenário menos impactante deste estudo (produção de eletricidade), vale ressaltar que os projetos de aproveitamento de resíduos sólidos para geração de eletricidade, muitas vezes só consideram a redução da emissão de metano através da captura e queima de gás. Grande parte dos aterros sanitários do país (incluindo a situação do aterro sanitário de João Pessoa), raramente o metano do lixo é recuperado e queimado, e sendo assim somente a captura e distribuição já é configurado como projeto MDL (ROVERE et al. 2006).

Nos projetos de eficiência energética, no uso de eletricidade e de geração de eletricidade a partir de fontes renováveis para injeção na rede, o conteúdo de carbono evitado é que determinará a quantidade de redução de certificados emitidos (RCEs) e a receita com a venda de créditos de carbono propiciada pelo projeto (ROVERE et al., 2006).

O primeiro projeto com implantação do sistema de MDL no Brasil foi o Nova Gerar, no município de Nova Iguaçu/RJ, em 2001. O investimento inicial consistiu em implantar um sistema de coleta de gás e uma usina geradora de eletricidade modular (com um potencial de capacidade esperada de 12 MW após alguns anos de operação), para capturar o metano do aterro e utilizá-lo na geração de eletricidade para abastecer a rede elétrica (SOUZA; RIBEIRO, 2009). De acordo com os cálculos, o projeto evitará a emissão de 14,07 milhões de toneladas de CO₂ em 21 anos, com a captura e a combustão de metano do gás do aterro para gerar eletricidade. Outros benefícios foram a mitigação de impactos ambientais e a geração de benefícios sociais, como a melhoria de vida dos catadores e geração de emprego (SOUZA; RIBEIRO, 2009).

Em outro projeto, projeto Vega Bahia, está previsto para evitar a emissão de 14,5 milhões de t CO₂ no período 2003/2019. Apresentando um valor médio anual de 0,653 milhões tCO₂/ano (ROVERE et al., 2006).

O município de São Paulo, a Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente (SVMA), recebe 50% das RCE da empresa concessionária que implantou o MDL para captação de gás nos aterros Bandeiras e São João, além de um pagamento da taxa mensal pelo uso da área e exploração do biogás. Compondo o Fundo Especial do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (FEMA), sendo constatado um grande aumento no orçamento, devido o recebimento dos RCEs. Passando de R\$ 32.720.500, em 2007, para R\$ 57.366.663,00 em 2008 (CRUZ; PAULINO, 2010). Tais recursos foram destinados a financiar plano, programas e projetos na área de usos racional e sustentabilidade de recursos naturais, controle, fiscalização, defesa e recuperação do meio ambiente e educação ambiental. Sendo aplicados no Parque Linear Perus, Parque Linear Bamburral, implantação de ciclovias, Hospital veterinário no Parque Anhamquera, projeto de educação ambiental, coleta seletiva, apoio a centrais de triagem e projeto de recuperação da ferrovia Perus-Pirapora, entre outros (CRUZ; PAULINO, 2010).

No ano de 2007, a prefeitura de São Paulo arrecadou R\$ 34 milhões com a venda de 808.450 RCEs para o banco belgo-holandês Fortis, do projeto MDL do aterro sanitário Bandeirantes. Entre os anos de 2008 e 2009, a prefeitura recebeu o equivalente a R\$ 71 milhões, correspondente a 50% da venda de 1.521.450 RCEs. Só em 2008, o município arrecadou R€ 13,689 milhões de euro (R\$ 37,2 milhões de reais) com a venda. RCEs para a empresa suíça Mercuria Energy Trading, que tem como clientes refinarias de petróleo europeias (RIZZI, 2011).

METODOLOGIA

Objeto de estudos

O objeto de estudo foi os resíduos sólidos recolhidos pelo poder público municipal, proveniente da manutenção da arborização urbana da cidade de João Pessoa/PB. As informações sobre a massa de resíduo da arborização urbana foram disponibilizadas pela Divisão de Informações Gerenciais da Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR).

Definição do objetivo e do âmbito da análise

Os resíduos da arborização urbana de João Pessoa/PB são coletados pela Emlur em dias úteis e, em casos excepcionais e emergenciais, nos fins de semana. Estes resíduos são recolhidos por equipes específicas, sem misturar com outros dejetos, e destinados ao Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa. No aterro, são pesados e encaminhados para descarte nas células de resíduos.

A etapa do transporte dos resíduos é a distância percorrida pelo caminhão entre a cidade e o aterro sanitário. Estas informações foram obtidas mediante a utilização de mapa digital no *Google Earth* considerando o percurso entre centro da cidade (partida) e o aterro sanitário (chegada). O circuito percorrido pela equipe de coleta do resíduo da manutenção da arborização urbana foi registrado pelos motoristas em termos de quilômetros percorridos (km).

Inventário dos processos envolvidos, com a definição das entradas e saídas do sistema

Devido às preocupações atuais sobre as mudanças climáticas, selecionou-se o potencial de aquecimento global (GWP - *Global Warming Potential*) como medida de impacto ambiental, expresso em quilogramas de dióxido de carbono-equivalente (kg CO₂-eq), caracterizando assim, a pegada de carbono. O principal organismo para avaliar as mudanças climáticas é o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC - em português: Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas). O IPCC foi criado em 1988, pelo Programa das Nações Unidas e a Organização Meteorológica Mundial, para fornecer uma visão científica das alterações do clima e possíveis repercussões ambientais (IPCC, 2015).

No SimaPro, o método utilizado foi o IPCC 2013 GWP 100a (SIMAPRO, 2015). O GWP de uma substância qualquer é a relação entre a contribuição para absorção do calor de radiação resultante da descarga instantânea de 1 kg de um gás de efeito estufa e igual emissão de dióxido de carbono (CO₂) integrado ao longo do tempo (neste caso, 100 anos) (FERREIRA, 2004; IPCC, 2013). Os processos utilizados para ACV foram o resíduo da arborização urbana e o transporte, descritos a seguir:

a) Resíduo da arborização urbana

O resíduo modelado foi à combinação de cinco processos, para expressar a variedade de árvores. Os seguintes processos foram utilizados (ECOINVENT, 2015):

- *Bark chips, wet, measured as dry mass {GLO}*;
- *Cleft timber, measured as dry mass {GLO}*;
- *Residual hardwood, wet {GLO}*;
- *Residual softwood, wet {GLO}*;
- *Wood chips and particles, willow {GLO}*.

b) Transporte

A etapa de transporte foi dividida em dois momentos. O primeiro corresponde ao percurso que o veículo faz durante o recolhimento dos resíduos dentro do perímetro urbano, em média de 35 km/dia percorrido entre os locais de coleta. O segundo condiz com o percurso realizado pelos caminhões da cidade até o aterro sanitário, média de 25 km até o local de descarte. Para os dois momentos utilizou o processo de transporte *Transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO3 {GLO} | market for | AllocDef, S* (ECOINVENT, 2015).

Análise dos impactos ambientais associados às entradas e saídas do sistema

Os tratamentos de fim de vida (cenários de descarte final) selecionados compreenderam três opções para os resíduos da arborização urbana do município de João Pessoa: descarte no aterro sanitário (sem aproveitamento de metano, situação atual), aproveitamento para geração de eletricidade e aproveitamento para geração de calor.

A madeira depositada no aterro sanitário se decompõe lentamente e forma metano e dióxido de carbono durante os primeiros 150 anos. Aproximadamente, 20% não se decompõem e permanecerão no aterro como material estável. A destinação do resíduo da arborização urbana no aterro sanitário, sem a coleta de metano, é o descarte aplicado atualmente pelo poder público

municipal. O inventário para este cenário inclui o próprio aterro, mas também o tratamento do lixiviado¹ nos primeiros 100 anos. A decomposição de resíduos após 100 anos não gera emissões atmosféricas, porque a esta altura a fase de produção de metano já terminou e nenhum *gás de aterro*² é produzido.

A incineração com aproveitamento de eletricidade considera a construção da incineradora em si, deposição das cinzas em aterro e todas as emissões e tratamentos consequentes para incineração dos resíduos da arborização. Para eletricidade considerou-se 1,74 MJ/kg de resíduo (PCI = 13,99 MJ/kg resíduo da arborização).

A incineração dos resíduos da arborização com aproveitamento de calor considera a construção da incineradora, deposição das cinzas em aterro, e todas as emissões e tratamentos consequentes para incineração. Considerou-se 3,49MJ/kg para calor (PCI = 13,99 MJ/kg resíduo da arborização urbana). Neste caso considerou-se que, para cada kg de resíduo da arborização incinerado, evita-se o consumo de 3,49MJ de calor oriundo de biomassa vegetal.

Interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação

A interpretação dos resultados ocorreu mediante a quantificação da pegada de carbono (kg CO₂-eq) em tonelada (t) para o ano de 2008, para cada um dos cenários propostos. Outro resultado analisado foi pegada de carbono por tonelada de resíduo recolhido em cada cenário proposto, para facilitar comparação com a literatura científica existente. As pegadas de carbono foram contabilizadas ao longo de 13 anos (2003 – 2015), para todos os cenários.

Na metodologia descrever as etapas operacionais do desenvolvimento da pesquisa que gerou o seu trabalho. Colocar de forma clara os métodos, processos, técnicas e procedimentos usados para a coleta de dados, análise e elaboração do trabalho. Caso necessário, apresente uma breve descrição do local de pesquisa, a população ou universo pesquisado, o tipo de amostra, instrumentos de pesquisa, forma de tabulação dos dados e aspectos éticos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de evitar a grande quantidade de poluição e minimizar o efeito estufa antropogênico na Terra, surge a busca por manter a qualidade ambiental frente à necessidade de encontrar alternativas energéticas. Aqui se estudaram três possibilidades para a utilização e/ou descarte dos resíduos da arborização, para posterior verificação do potencial de mitigação das mudanças ambientais. Ainda que o Brasil não possua compromisso obrigatório para redução das emissões de GEE, é interessante comprovar quais alternativas teriam maior impacto neste sentido.

A avaliação da massa (t) de resíduo da arborização urbana recolhido pela Emlur em João Pessoa, e levado ao Aterro Sanitário Metropolitano do período entre 2003 e 2015, indicou um aumento da geração de resíduo da arborização urbana nos últimos 13 anos (Figura 1). Este crescimento pode ser resultado do aumento da eficiência do governo municipal em gerenciar tal resíduo ou a busca por, parte da população, em dar um destino mais eficiente e ambientalmente correto ao mesmo. Com a especificação do quantitativo de resíduo da arborização urbana em cada cenário proposto anteriormente (Tabela 1). A tabela citada, mostra os resultados da implementação da ACV com método IPCC 2013 GWP 100a dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa, para o ano 2008.

¹efluentes líquidos gerados como resultado da percolação de água de chuva através dos resíduos sólidos dispostos em aterros sanitários, bem como da umidade natural desses resíduos. Também conhecido como chorume.

²do inglês *landfill gas (LFG)*. Em português os termos "gás de aterro" e "biogás" são utilizados para referenciar o gás produzido pela decomposição dos resíduos sólidos em aterros.

Aterro sanitário: O resíduo da arborização simplesmente depositado no aterro sanitário gerou uma elevada pegada de carbono, com maior impacto ao meio ambiente dentre as opções verificadas, com a geração de 3.690 t CO₂-eq. Os resíduos da arborização e seu respectivo transporte corresponderam a 1.670 t CO₂-eq (aproximadamente 52% do valor final total), e a decomposição não controlada em aterro contribuiu com 2.020 t CO₂-eq.

Aproveitamento para geração de eletricidade: Este cenário foi um passo além da simples incineração, evitando o consumo de eletricidade da rede elétrica. Apresentou o melhor resultado entre os cenários estudados, com emissões de -4.360 t CO₂-eq. Os resíduos da arborização e seu respectivo transporte corresponderam a 1.670 t CO₂-eq, e a geração de eletricidade evitou a emissão de 6.030 t CO₂-eq. Estas emissões negativas finais indicam uma possibilidade de mitigação de mudanças climáticas, assim como de incorporação em Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL).

Figura 1. Evolução da massa de resíduos da arborização urbana recebidos no Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, no período de 2003 à 2015.

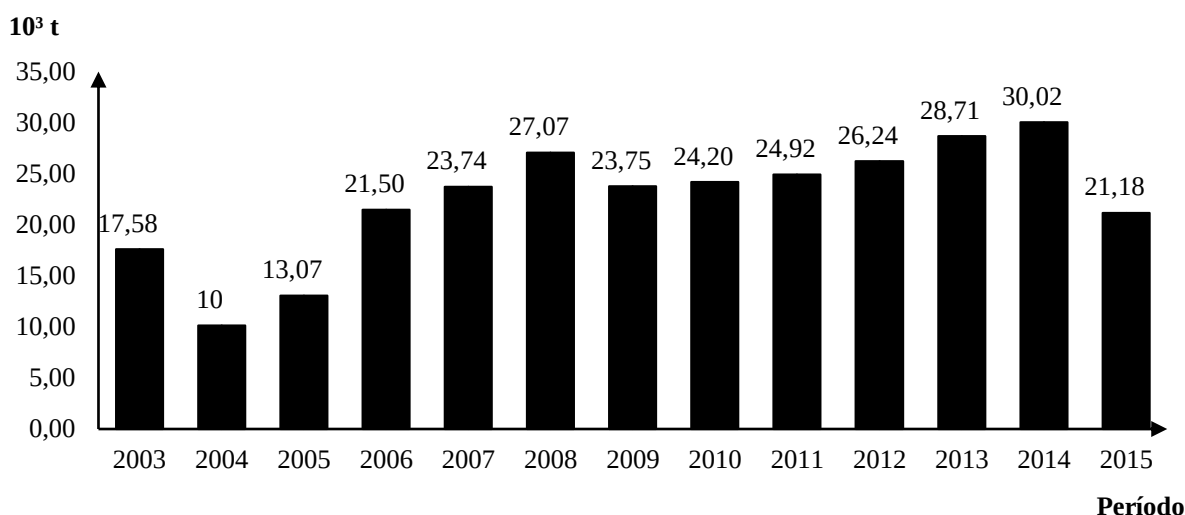


Tabela 1. Pegada de carbono associada a três cenários de descarte para resíduos da arborização em João Pessoa/PB, para o ano 2008.

Resíduos da arborização urbana coletados em 2008	Pegada de carbono		
	Aterro sanitário	Incineração com aproveitamento de eletricidade	Incineração com aproveitamento de calor
27.065,04 t	3.690 t CO ₂ -eq	-4.360 t CO ₂ -eq	1.432 t CO ₂ -eq

Aproveitamento para geração de calor: Este calor pode ser vendido a indústrias ou condomínios, ou até utilizado em processos internos do aterro, evitando o consumo de combustíveis em caldeiras para este fim. Este processo emitiu 1.432 t CO₂-eq. Os resíduos da arborização e seu respectivo transporte corresponderam a 1.670 t CO₂-eq, e o aproveitamento do calor da incineração evitou que 9450 MJ de calor fossem gerados por meio da incineração de biomassa vegetal, evitando a emissão de 238 t CO₂-eq.

Observou-se que a coleta e transporte dos resíduos da arborização são processos em comum para todos os cenários de descarte. O cenário que apresentou a maior emissão t CO₂-eq foi o descarte em aterro sanitário, ação hoje empregada pelo poder público municipal. A utilização do material para a geração de eletricidade mostrou-se como a melhor opção para os resíduos, onde

os resultados indicam um saldo negativo, ou seja, deixa-se de emitir uma quantidade importante de GEE na região, minimizando impactos ambientais atmosféricos. A pegada de carbono por tonelada de resíduo da arborização processado é uma variável importante, facilitando a comparação entre os cenários (Tabela 2). Considerando que, atualmente, o poder público municipal descarta os resíduos da arborização urbana no aterro metropolitano de João Pessoa, o melhor cenário estudado, para o ano de 2008, foi a geração de eletricidade. Pegadas de carbono foram calculadas para esses dois cenários no período 2003 - 2015.

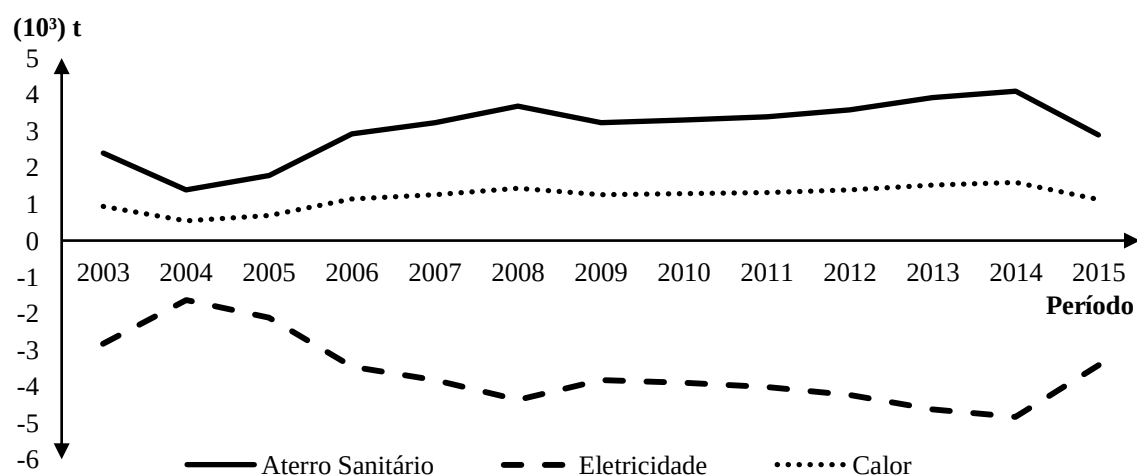
As pegadas de carbono para os cenários de descarte, entre os anos de 2003 e 2015, do cenário atual empregado pelo poder público municipal (aterro sanitário simples) teve um lançamento acumulado de 39.826 t CO₂-eq em um período de 13 anos (Figura 3). Esses gases são produzidos durante o processo de decomposição do resíduo por micro-organismos decompositores. Quando se compara o cenário atual utilizado com o melhor cenário, percebe-se que o poder público utiliza atualmente a forma mais danosa ao meio ambiente. Se toda a biomassa gerada pela arborização urbana de João Pessoa, entre 2003 e 2015, fosse empregada para a geração de eletricidade, evitaria a emissão de 47.058 t CO₂-eq na cidade.

Tabela 2. Pegada de carbono por tonelada (kg de CO₂-eq/t) de resíduo da arborização urbana da cidade de João Pessoa/PB, para cada cenário estudado.

Processo	Emissão (kg de CO ₂ -eq/t resíduo coletado)
Aterro Sanitário	136,338
Geração de Eletricidade	-161,093
Geração de Calor	52,909

Ainda com relação aos impactos ambientais do aproveitamento dos gases nos aterros sanitários, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2015) destaca que existem variações nos sistemas de coleta de metano presentes em aterros sanitários. E que diferentes tecnologias estão disponíveis comercialmente para produção de eletricidade a partir de resíduos, o que podem alterar significativamente os resultados das análises realizadas.

Figura 2. Pegada de carbono para os cenários de descarte de resíduos da arborização urbana no aterro sanitário, aproveitamento para geração de eletricidade e calor, a partir dos resíduos, no período 2003-2015, para João Pessoa/PB.



O estudo de *The Leaf and Yard Waste Diversion Technical Committee* (CANADA, 2014) indica que existem melhores opções para os resíduos da arborização urbana do que o aterro sanitário (compostagem, por exemplo), principalmente por razões econômicas. Incluindo a não utilização de espaço (uso da terra), e por razões ambientais (diminuição das emissões de GEE).

João Pessoa e o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL): Em João Pessoa/PB encontra-se em uma situação relativamente confortável em relação à qualidade do ar, mas as tendências de crescimento econômico podem trazer preocupações. No inventário de emissão de GEE, realizado em 2010 pela prefeitura municipal de João Pessoa, constatou-se emissões de 1.198.034 t CO₂-eq, com aumento de 43,70% para 2012, gerando 1.721.681 t CO₂-eq (JOÃO PESSOA, 2014). Para os anos de 2010 e 2012, o atual cenário (aterro sanitário) dos resíduos da arborização foi responsável por 3.520 t CO₂-eq e 3.810 t CO₂-eq, respectivamente. No ano de 2010, os GEE emitidos corresponderam a 0,29% dos GEE totais lançados na cidade, e no ano de 2012, corresponderam a 0,22% da emissão total da cidade.

Observa-se que a emissão dos GEE gerados pelos resíduos da arborização no aterro corresponde a um percentual pequeno em relação ao montante total liberado nestes anos; porém, GEE são cumulativos ao longo do tempo, de impacto global, e altos níveis de concentração podem causar danos ao microambiente existente na cidade.

De acordo com o Plano de Ação João Pessoa Sustentável (JOÃO PESSOA, 2014), citam-se como estratégias e ações para o controle dos GEE a promoção do uso de biomassa na matriz energética e promoção de reciclagem dos resíduos. Os resíduos da arborização urbana são um forte aliado para o cumprimento desta ação (JOÃO PESSOA, 2014).

O MDL pode ser definido como as atividades de um projeto integrante de um empreendimento que tenha por objetivo a redução de emissão de GEE. Devendo estar exclusivamente relacionada a determinados gases e aos setores/fontes de atividades responsáveis pela maior parte das emissões (DUARTE, 2006). O MDL foi estabelecido no Protocolo de Kyoto, sendo um dos mecanismos de inovação, que inclui também Implementação Conjunta (CJ) e Comércio de Emissão (CER). Foi uma iniciativa proposta pelo governo brasileiro durante as discussões das Conferências das Partes. A proposta consiste na premissa de que cada tonelada de CO₂ não emitida ou retirada da atmosfera por um país poderá ser negociada no mercado mundial, criando um atrativo para a redução das emissões globais (SOUZA; RIBEIRO, 2009).

A contribuição dos projetos de MDL nos aterros sanitários no Brasil abrange a área econômica, ambiental e social, indo além da redução das emissões de GEE, sendo uma ferramenta para a melhoria dos serviços de RSU. Influenciando diretamente na sustentabilidade ambiental local, desenvolvimento das condições de trabalho e da geração líquida de empregos, além da captação e desenvolvimento tecnológico e integração regional (PAVAN; PARENTE, 2006; CRUZ; PAULINO, 2010).

Assim como ocorreu no município de São Paulo, a implantação de um projeto de MDL no aterro metropolitano de João Pessoa trará benefícios financeiros com a venda dos RCEs. Se for bem direcionando e gerido, tais recursos devem ser usados em pró da sociedade, com ações na área ambiental, melhoria da qualidade de vida da população e inclusão social.

CONCLUSÕES

A partir das análises realizadas, conclui-se que, o descarte atual utilizado pelo órgão municipal (aterro sanitário) é a menos amigável para o ambiente, entre os cenários estudados. Houve a maior pegada de carbono por tonelada de resíduos da arborização urbana, ou seja, emissões de 136,34 kg de CO₂-eq/t;

O melhor cenário estudado foi para o aproveitamento do resíduo da arborização para a geração de energia elétrica, apresentando um saldo negativo de impacto ambiental, e mesmo o cenário para a geração de calor, se mostrou mais viável ambientalmente que o sistema empregado.

A produção de eletricidade é ambientalmente viável e contribuindo para a sustentabilidade da cidade e ser utilizados como créditos de carbono;

A implantação de um projeto de MDL no aterro sanitário, para o aproveitamento dos resíduos da arborização urbana, é uma das estratégias para o gerenciamento dos RSU, com expectativa de promover grandes benefícios ambientais, sociais e econômicos, assim como aconteceu nos municípios que apresentam tais projetos. Sendo necessária a realização de estudos técnico-econômico para constatar a sua viabilidade de sua implantação.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Y. R. V.; GOIS, M. L.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Pegada de carbono para quatro cenários dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1ed. Recife: Gampe/UFRPE, v. 1, p. 224- 233, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZAS PÚBLICAS - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**: 2014. São Paulo. 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 13 de mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - CATÁLOGO. **ABNT NBR ISO 14044**: 2009. Versão Corrigida: 2014.2014a. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=316461>>. Acesso em: 03 de mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - CATÁLOGO. **ABNT NBR ISO 14040**:2009. Versão Corrigida: 2014. 2014b. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=316461>>. Acesso em: 03 de mar.. 2018.

AUTARQUIA ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA DE JOÃO PESSOA - EMLUR. **Informações sobre poda anual e custos**. João Pessoa. 2016.

AUTARQUIA ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA DE JOÃO PESSOA –EMLUR. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos–PMGIRS**: Diagnostico e Planejamento dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos. João Pessoa. v. 2, 2014. Disponível em:<<http://transparencia.joaopessoa.pb.gov.br/dadospublicos/?p=111>>. Acesso em: 13 de mar. 2018.

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA BRASIL – ACV BRASIL. **Avaliação do Ciclo de vida**. Disponível em: <<http://acvbrasil.com.br/avaliacao-do-ciclo-de-vida/>>. Acesso em: 05 de mar. 2018.

BARATTA JUNIOR, A. P.; MAGALHÃES, L. M. S. Aproveitamento de resíduos da poda de árvores da cidade do Rio de Janeiro para compostagem. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 8, n.1, 2010.

BM&FBOVESTA. **Leilões de crédito de carbono**. São Paulo. 2012. Disponível em: <http://www2.bmfbovespa.com.br/Consulta-Leiloes/leiloes-de-credito-de-carbono-login.aspx?idioma=pt-br>. Acesso em: 23 mar. 2018.

CANADA. Information Center Government of Alberta. **Recommendations for Reducing Leaf and Yard in Aberta**. Alberta Environment and Sustainable Resource Development, 2014. Disponível em: <<http://aep.alberta.ca/waste/documents/ReducingLeafYardWaste-Feb2014.pdf>>. Acesso em: 10 de mar. 2018.

CARVALHO, M. ; NASCIMENTO, D. P. ; MENEZES, V. ; CHACARTEGUI, R. . Cálculos para um projeto de cogeração a partir de biogás no aterro sanitário metropolitano de João Pessoa -PB. In: Daniel

Pernambucano de Mello, Soraya Giovanetti El-Deir, Rodrigo Cândido Passos da Silva, João Paulo de Oliveira Santos. MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. (Org.). **Resíduos sólidos: Gestão Pública e Privada**. 1ed. v. 1, p. 208-220, 2018.

CARVALHO, M.; FREIRE, R. S.; MAGNO, A. H. **Promotion of sustainability by quantifying and reducing the carbon footprint: new practices for organizations**. In: Global Conference on Global Warming, 2015, Atenas, Grécia. Proceedings of the global conference on global warming, 2015.

COELHO JUNIOR, L. M.; ARAUJO, Y. R. V.; MELQUIADES, T. F.; SILVA, I. A.. Análise temporal do volume lenhoso proveniente dos resíduos da poda urbana de João Pessoa - PB.. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1 ed.Recife: EDUFPE, v. , p. 234-243, 2018,.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. **Manual de arborização**. Belo Horizonte: MG, p. 112, 2011. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/sites/imprensa/pt-br/Documents/Manual_Arborizacao_Cemig_Biodiversitas.pdf>. Acesso em: 10 de mar. 2018.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL. **Arborização de vias públicas**. Curitiba: PR, 2009. Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel/guia_arb/copel_e_a_arborizacao_de_vias_publicas.html>. Acesso em: 10 de mar. 2018.

CORTEZ, C. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia: estudo de caso: AES Eletropaulo**. 2011. Tese (Doutor em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2011.

CRUZ, S. R. S.; PAULINO, S. R. Projeto de mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) em aterros sanitários e a gestão de resíduos sólidos na cidade de São Paulo. In: V Encontro Nacional da Anppas, 2010, Florianópolis. **Anais...**, V Encontro Nacional da Anppas, 2010. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT3-7-389-20100903200350.pdf>>. Acesso em: 25 de abr. 2017.

DUARTE, A. C. **Projetos de MDL em aterros sanitários no Brasil: alternativa para o desenvolvimento sustentável**. 125 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de recursos hídricos e ambiental). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. Disponível em: <http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/dissertacoes/files/127-Adriana_Carneiro_Duarte.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2018.

ECOINVENT CENTRE. **What we do**. Zurique, 2015. Disponível em: <<http://www.ecoinvent.org/about/about.html>>. Acesso em: 16 de mar. 2018.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Food Wast**. 2015. Disponível em: <http://www3.epa.gov/epawaste/conservation/tools/warm/pdfs/Food_Waste.pdf>. Acesso em: 10 de mar. 2018.

FERREIRA, J. V. R. **Análise do Ciclo de Vida dos Produtos**. Viseu: Instituto Politécnico de Viseu, 2004.

FREIRE, R. S.; CARVALHO, M.; CARMONA, C. U. M.; MAGNO, A. H. **Perspectives on the implementation of climate change public policies in Brazil**. In: Global Conference on Global Warming, 2015, Atenas, Grécia. Proceedings of the global conference on global warming, 2015.

GALDIANO, G. P. **Inventário do Ciclo de Vida do Papel Offset produzido no Brasil**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GOLVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012.

GUINÉE J. B. (ed) **Life Cycle Assessment: An operation al guide to the ISO Standards**; LCA in Perspective; Guide; Operational Annex to Guide. Centre for Environmental Science, Leiden University, The Netherlands, 2001.

GUINÉE J. B. **Handbook on life cycle assessment**: operation al guide to the ISO standards. Kluwer Academic Publishers, Boston, 2002.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **History**. Genebra: Secretariat of the WMO, 2015. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/organization/organization_history.shtml>. Acesso em: 01 de mar. 2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **¿ Qué es el IPCC?**. Genebra: Secretariat of the WMO, 2013. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 05 de jan. 2017.

JOÃO PESSOA. Prefeitura Municipal de João Pessoa. **Plano de ação João Pessoa Sustentável 2014**. João Pessoa, 2014. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 03 de mar. 2018.

KLÖPPFER, W. **The critical review of life cycle assessment studies according to ISO 14040 and 14044**: Origin, purpose and practical performance. The International Journal Of Life Cycle Assessment, Heidelberg, p. 1-7. 2012.

LEVIS, J. W.; BARLAZ, M. A. **Composting Process Model Documentation**; Project Report, North Carolina State University: Raleigh, NC. 2013. Disponível em: <<http://www4.ncsu.edu/~jwlevis/Composting.pdf>>. Acesso em 11 de mar. 2018.

MARTINS, C. H. O aproveitamento de madeira das podas da arborização viária de Maringá/PR. **Revista Verde**, v. 8, n. 2, p. 257 - 267, 2013.

MEIRA, A. M. **Gestão de Resíduos da arborização urbana**. 2010. 179 f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MORRIS, J.; MATTHEWS, H. S.; MORAWSKI, C. **Review of LCAs on Organics Management Methods & Development of an Environmental Hierarchy**. Information Center Alberta Environment. Alberta, 2011. Disponível em: <<http://environment.gov.ab.ca/info/library/8350.pdf>>. Acesso em: 10 de mar. 2018.

NASCIMENTO, D. P.; MENEZES, V.; CARVALHO, M.; CHACARTEGUI, R. produção de eletricidade a partir de biogás no aterro sanitário Metropolitano de João Pessoa -PB. In: Daniel Pernambucano de Mello, Soraya Giovanetti El-Deir, Rodrigo Cândido Passos da Silva, João Paulo de Oliveira Santos. (Org.). **Resíduos sólidos: Gestão Pública e Privada**. 1ed. Recife: Gampe/UFRPE, v. 1, p. 221-233., 2018.

PAVAN, M. C. O.; PARENTE, V. Projetos de MDL em aterro sanitários do Brasil: análise política, socioeconômico e ambiental. In: XXX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006, Punta del Este. **Anais ... XXX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/27/2014/01/parente_pavan.pdf>. Acesso em: 23 de mar. 2018.

PIRES, A. C.; RABELO, R. R.; XAVIER, J. H. V. **Uso Potencial da Análise do Ciclo de Vida (ACV) associada aos conceitos da produção orgânica aplicados à agricultura familiar**. Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília, v. 19, n. 2, p. 149-178, 2002.

Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SMAS). **Manual de arborização**: orientação e manutenção da arborização urbana da cidade do Recife. Ed. Recife: [S.N.]. 2013. Disponível em: <www2.recife.pe.gov.br/wp-content/uploads/Manual_Arborizacao.pdf>. Acesso em: 13 de mar. 2018.

RIZZI, C. A. **A questão da participação da comunidade do Distrito de Perus (São Paulo/Brasil), no projeto MDL Aterro Bandeirantes, Confins** [Enlign], 2011. Disponível em:

<<https://confins.revues.org/6870?lang=pt><http://www.revistas.sp.senac.br/index.php/ITF/article/viewFile/97/122>>. Acesso em: 25 de mar. 2018.

ROVERE, E. L. L.; COSTA, C. V.; DUBEUX, C. B. S. **Aterro Sanitário no Brasil e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL):** Oportunidade de promoção de desenvolvimento socio-ambiental. Web-Resol, Rio Bonito, 2006. Disponível em: <<http://www.web-resol.org/textos/28-La%20Rovere%20E.pdf>>. Acesso em: 22 de mar. 2018.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL - SNSA. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos-2014.** Parte 2- Tabela de Informações e Indicadores. Brasília: MCIDADES, SNSA, 2016.

SIMAPRO. **SimaProDatabase8:**Manual Methods Library. California, 2015. Disponível em: <<https://www.pre-sustainability.com/simapro-database-and-methods-library>>. Acesso em: 04 de mar. 2018.

SOUZA, G. D.; RIBEIRO, W. C. Nova Gerar: experiência pioneira do Brasil no MDL. **Cronos**, v. 10, n. 2, p. 15-34, 2009.

VALINHOS. Prefeitura Municipal de Valinhos. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Valinhos-SP.** Valinhos, 2011. Disponível em: <http://www.valinhos.sp.gov.br/portal/arquivos/planejamento/PGIRS_-_Verso_Preliminar_2.pdf>. Acesso em: 10 de mar. 2018.

6.3. PEGADA DE CARBONO DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE COM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA USINA SUCROALCOOLEIRA

SILVA SEGUNDO, Valdir Bernardino da
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
v_segundo@msn.com

FREITAS, Graziela Pinto de
UFPB
freitas.graziela@cear.ufpb.br

COELHO JUNIOR, Luiz Moreira
UFPB
luiz@cear.ufpb.br

CARVALHO, Monica
UFPB
monica@cear.ufpb.br

RESUMO

A fonte de energia foco desse artigo é o bagaço de cana-de-açúcar, que é a biomassa mais presente na matriz energética brasileira. Este artigo calcula a pegada de carbono associada ao processo de cogeração de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar, comparando com a produção de eletricidade a partir do óleo diesel nas termelétricas. A análise foi processada por meio do programa SimaPro®, após a coleta de dados de inventário em uma usina sucroalcooleira e obtenção de dados de termelétricas tradicionais. Utilizou-se a base de dados Ecoinvent e o método de avaliação de impacto ambiental foi o IPCC 2013 GWP 100a. Foi demonstrado que as amostras de bagaço de cana da empresa analisada puderam gerar energia elétrica de forma ambientalmente viável. A produção de energia elétrica via combustão do bagaço de cana-de-açúcar apresentou baixa pegada de carbono (0.227 kg CO₂-eq/kWh), sendo mais adequada do que o processo termelétrico à óleo diesel (0.900 kg CO₂-eq/kWh), resultando em emissões evitadas de -0,673 kg CO₂-eq/kWh. A progressiva utilização do bagaço de cana-de-açúcar como fonte de eletricidade pode ser uma alternativa para a mitigação de mudanças climáticas.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa, Termelétrica, Avaliação de Ciclo de Vida

INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira é uma das mais limpas do mundo. Em 2014, a oferta interna de energia apresentou uma colaboração de 39,4% de fontes renováveis, enquanto a média mundial foi de apenas 14%. Avaliando a oferta de eletricidade o cenário é ainda mais promissor, enquanto a média de participação das fontes renováveis no mundo foi de 23,6%, no Brasil estas representaram 74,26% da eletricidade consumida no país (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2015). Apesar d cenário nacional ser favorável, em que as emissões de CO₂ são bem menores do que a média mundial (MME, 2015), alguns estados apresentam uma realidade menos satisfatória. Um destes estados é a Paraíba, onde existe uma grande porção de energia elétrica produzida pela queima de combustíveis fósseis em usinas termelétricas, instaladas para suprir o déficit energético (DELGADO, 2015; CARVALHO et al., 2016).

Uma usina termelétrica gera eletricidade por meio da queima de combustíveis fósseis. A Paraíba conta com uma usina térmica de energia que, em 2010 (final de sua construção) foi considerada a maior termelétrica por motores movidos à óleo combustível do mundo naquela época, e hoje ocupa a terceira colocação em potência instalada (EBRASIL ENERGIA, 2016). A introdução das termelétricas, originalmente planejadas no Plano Prioritário de Termelétricas foi desordenada e traz até os dias de hoje problemas como a falta do gás natural para a geração elétrica (ROSA, 2007). De forma geral, as termelétricas apresentam altos índices de poluição atmosférica e geram energia, porém o seu custo é muito caro em razão do preço do combustível utilizado.

A utilização da termelétrica depende da disponibilidade de hidroeletricidade, sendo as termelétricas consideradas complementos do sistema, pois existe uma prioridade no uso de fontes renováveis. Para evitar que as mesmas se tornem equipamentos inoperantes, é possível abastecê-las com combustíveis renováveis, diminuindo os custos e impactos negativos ao meio ambiente (ROSA, 2007). No Brasil, a biomassa desponta como alternativa para a geração de eletricidade. O bagaço de cana-de-açúcar, ocupa a posição de terceira maior fonte produtora de energia elétrica no país, responsável pela geração de 32,3 TWh, sendo 19,1 TWh destinados ao mercado e 13,2 TWh, destinados ao consumo próprio do setor sucroalcooleiro (BRASIL, 2015).

A Paraíba é um dos estados mais tradicionais da cultura canavieira, de grande importância social e econômica como fonte de renda para a população (ARIAS; CABALLERO, 2015). Devido à presença de oito usinas produtoras de açúcar e etanol na Paraíba, há uma produção considerável de bagaço, que poderia ser utilizada para melhorar a produção de eletricidade no estado, replicando a experiência bem-sucedida de *Mauritius* para outros países produtores de cana-de-açúcar (DEEPCHAND, 2005).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A tecnologia de cogeração de bagaço de cana-de-açúcar poderia atrair fundos de agências internacionais (por exemplo, *Global Environment Facility*, *Prototype Carbon Fund*, atividades implementadas sob o Protocolo de Quioto). A geração de eletricidade a partir do bagaço de cana-de-açúcar apresenta um potencial estratégico à expansão do sistema elétrico brasileiro (SOUSA; MACEDO, 2010). A bioeletricidade é altamente complementar à hidroeletricidade (fornecendo eletricidade durante os meses mais secos e evitando a necessidade de usar termelétricas movidas à combustíveis fósseis como reserva), podendo ser distribuída junto aos centros consumidores, oferecendo significativos benefícios socioeconômicos e ambientais (BORBA et al., 2018; SOUSA; MACEDO, 2010).

A geração de bioeletricidade a partir do bagaço de cana-de-açúcar é totalmente automatizada e pode ser facilmente inserida nas linhas de produção das usinas de cana-de-açúcar (CARDONA; QUINTERO; PAZ 2010, SILVA, PONTES, 2015; NASCIMENTO et al., 2018). A cana, depois de colhida, passa repetidamente por moinhos que extraem xarope até restar apenas o bagaço. O bagaço pode ser alimentado em caldeiras, produzindo vapor de alta pressão, que é utilizado para acionar geradores, produzindo eletricidade. A água utilizada no processo de geração

de vapor é originada principalmente dos processos de evaporação e cozimento, onde o vapor é necessário e uma grande quantidade de água condensada é obtida (SILVA; PONTES, 2015).

A metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) foi desenvolvida e aperfeiçoada para promover avaliações tangíveis do desempenho ambiental (ABRAHAO; CARVALHO; CAUSAPE, 2017; ARAÚJO et al., 2018; CARVALHO; SERRA; LOZANO, 2011). Estudos específicos têm sido realizados para avaliar a geração de bioeletricidade a partir do bagaço de cana. Maués, 2008 avaliou a maximização da geração de eletricidade a partir de bagaço e palha em uma usina de açúcar e etanol e Mandaloufas (2010) avaliou o uso do bagaço de cana como fonte de energia de acordo com as diretrizes do desenvolvimento limpo. Outros trabalhos utilizando ACV foram:

Mayer et al. (2016), realizaram uma análise ambiental de uma produção de bioetanol em pequena escala e, mais recentemente, Silva et al. (2014) identificaram e quantificaram os principais impactos ambientais potenciais da geração de eletricidade do bagaço de cana-de-açúcar no Brasil, apresentando também uma visão geral dos estudos de ACV de produtos de cana-de-açúcar - etanol, açúcar e eletricidade - publicados entre 2009 e 2013. Considerando o Ciclo de Vida e a Metodologia ACV, o objetivo do trabalho aqui apresentado realizou uma análise comparativa das pegadas de carbono associadas à geração de eletricidade a partir do bagaço de cana e do diesel, considerando as especificidades da produção de cana e verificar e quantificar o potencial para mitigar a mudança climática.

METODOLOGIA

Objeto de Estudo

A empresa estudada é do setor sucroalcooleiro voltada para a produção de açúcares do tipo cristal e *Very High Polarization* (polarização muito alta) situada no município de Santa Rita, Paraíba. Emprega diretamente 400 pessoas e a média de moagem é de 170 t cana moída por hora, que representam mais de 700.000 t de cana moídas no fim da safra, que superam 1.000.000 de sacos (50kg) de açúcar. A fim de preservar a identidade da empresa, referir-se-á a esta como “Usina PB”.

Avaliação de Ciclo de Vida

A realização da ACV concentra-se em quatro etapas interligadas que são as seguintes (GUINÉE, 2011; ABNT 14040, 2014a; ABNT 14044, 2014b):

1ª etapa - Definição de Objetivos e Âmbito – Define e descreve o produto, processo ou atividade. Estabelece o contexto no qual a avaliação deve ser feita e identifica os limites e efeitos ambientais a serem revistos para a avaliação.

Este estudo avaliou os processos de geração de eletricidade à óleo diesel e biomassa, via bagaço de cana. O objetivo foi determinar qual processo emite a maior pegada de carbono, e o quanto seria evitado se parte desta produção fosse substituída por uma alternativa mais sustentável. Foram calculadas as pegadas de carbono associadas à produção de 1 kWh de energia elétrica nos processos estudados. Posteriormente, extrapolaram-se as emissões para o excedente (18.500 t) de bagaço da safra 2013/2014.

2ª etapa - Análise de Inventário – Identifica e quantifica a energia, água e materiais

No SimaPro® foram utilizados os processos brasileiros de produção de energia de alta tensão com a utilização da cana-de-açúcar e do óleo diesel:

Cana-de-açúcar:

1. Electricity, high voltage {GLO};
2. treatment of bagasse, from sugarcane, in heat and power co-generation unit, 6.400kW thermal;
3. Alloc Def, U.

Óleo diesel:

4. Electricity, high voltage {BR};
5. electricity production, oil;
6. Alloc Def, U.

No processo da eletricidade via bagaço de cana foi feita uma adaptação na quantidade de cana-de-açúcar necessária para produzir 1 kWh de eletricidade, devido à umidade do bagaço da Usina PB ser de 50%, e o valor fixado no processo ser de 21,3%. Desta forma, para produzir 1 kWh de eletricidade necessitou-se de 4,90 kg de cana-de-açúcar (quando o valor original seria 3,10 kg). No caso da termoeleétrica, não foi necessário fazer adaptações.

3ª etapa - Análise de Impacto – Analisa os efeitos humanos e ecológicos da utilização de energia, água, materiais e das descargas ambientais identificadas na análise de inventário.

Para avaliar os impactos da geração de eletricidade será considerada a pegada de carbono associada aos processos de geração de eletricidade com óleo combustível e bagaço de cana. Segundo Delgado e Carvalho (2016; 2017), a utilização da pegada de carbono tem se popularizado nos anos recentes e agora está bastante disseminada nas mídias; agora que as mudanças climáticas são prioridade em níveis políticos e também corporativos, os cálculos de pegada de carbono vêm sendo bastante demandados.

Como a pegada de carbono está intimamente relacionada ao uso da energia e o interesse público nas mudanças climáticas é extremo em comparação a outros problemas ambientais, este indicador é apropriado para comunicar resultados de estudos ACV, e vem recebendo visibilidade pronunciada graças à sua popularidade (DELGADO; CARVALHO, 2016; 2017). A pegada de carbono é um indicador internacionalmente normatizado que agrupa as emissões de gases de efeito estufa (GEE) durante as fases do ciclo de vida de um bem, serviço ou atividade, de acordo com o Protocolo de Quioto e os princípios de Pensamento de Ciclo de Vida (RUGGANI et al., 2013). A pegada de carbono foi calculada selecionando-se o método de avaliação de impacto ambiental IPCC 2013 GWP 100a (IPCC, 2013).

4ª etapa – Interpretação – Avalia os resultados da análise de inventário e análise de impacto para selecionar o produto preferido, processo ou serviço com uma compreensão clara das incertezas e suposições utilizadas para gerar os resultados.

Esta etapa definiu qual processo de geração de eletricidade (óleo combustível ou bagaço) possui melhor desempenho ambiental e qual potencial que o mesmo apresenta para mitigar os impactos ambientais. Para calcular as pegadas de carbono associadas à produção de energia elétrica na Usina PB e aos processos de combustão propostos nesse trabalho, foi utilizado o software SimaPro® (PRÉCONSULTANTS, 2015). Este software disponibiliza em sua base de dados, inventários de diversos processos e tipos de fontes energéticas, além de apresentar um baixo nível de incerteza na etapa de levantamento dos impactos, e oferece um respaldo para subsidiar as discussões desejadas acerca destes dois processos estudados.

Atualmente, vários países e empresas de grande porte utilizam o SimaPro® para a realização de estudos de avaliação de ciclo de vida, comprovando a legitimidade dos resultados obtidos (ACV BRASIL, 2015). O SimaPro® segue as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que traduziu as normativas internacionais da *International Organization for Standardization* (ISO), ABNT 14040 (2014a) e ABNT 14044 (2014b). A base de dados utilizada foi a *Ecoinvent 3* (ECOINVENT, 2016), que possui cerca de 10 mil inventários (ACV BRASIL, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando identificar qual dos processos de geração de energia elétrica é mais prejudicial em termos ambientais, determinou-se a pegada de carbono evitada se parte da eletricidade gerada na termoeletrica fosse substituída pela eletricidade originada do bagaço da cana-de-açúcar. Para isto, foi necessária a elaboração de um cenário de referência, que foi a geração de eletricidade em termoeletrica a óleo diesel. O resultado da pegada de carbono para ambos processos (produção de eletricidade via cogeração de bagaço de cana-de-açúcar e produção de eletricidade em termoeletrica a óleo combustível) estão apresentados a seguir (Tabela 1).

Tabela 1 Pegada de carbono para produção de energia elétrica a partir de bagaço de cana-de-açúcar e óleo combustível.

Processo de geração de energia elétrica	Pegada de carbono (kg CO ₂ -eq/kWh)
Óleo combustível	0,900
Bagaço de cana de açúcar (Usina PB)	0,227

Uma investigação mais detalhada do processo de geração de eletricidade via cogeração com bagaço, nas condições da Usina PB, revela que os processos responsáveis pela maior parte das emissões são aqueles relacionados com a produção de cana-de-açúcar em si, principalmente a fertilização com nitrogenados, irrigação e o transporte que utiliza veículos movidos à diesel. Segundo os resultados fornecidos pelo SimaPro®, são necessários 5,03 kg de cana-de-açúcar para produzir a quantidade de bagaço necessária à produção de 1 kWh de energia elétrica, isto deve-se ao fato de existirem algumas perdas durante o transporte da matéria-prima.

Na geração de eletricidade em termoeletrica convencional, a etapa que mais contribuiu para estas emissões foi a operação das refinarias de petróleo. As emissões atmosféricas envolvidas na utilização do óleo diesel são bastante consideráveis. Como o excedente de bagaço disponível na empresa é de 18.500 t por safra, então podem-se produzir 3.678 MWh no total. Segundo Fedrigo, Gonçalves e Lucas (2009), o consumo médio brasileiro por residência é de 152,2 kWh/mês, então, com a energia produzida pelo bagaço excedente da Usina PB poderiam ser abastecidas 24.165 (vinte e quatro mil cento e sessenta e cinco) residências durante um mês.

Considerando que esta eletricidade seria utilizada em substituição à energia elétrica produzida pelas termoeletricas do estado da Paraíba, seriam evitados 0,673 kg CO₂-eq/kWh de eletricidade consumida desta forma. Assim, se todo bagaço excedente acumulado numa safra for direcionado para produção de eletricidade via cogeração, serão evitados aproximadamente 2,475 t CO₂ equivalentes, trazendo grandes benefícios ambientais para sociedade. Outros trabalhos sobre a eficiência energética e gestão dos estoques de bagaço e palha já foram realizados, dentre eles, Maués (2007) analisou o balanço energético de uma usina sucroalcooleira onde foi verificada uma grande quantidade de bagaço excedente que poderia ser utilizada para geração de energia, trazendo benefícios econômicos e ambientais.

Observou-se que a biomassa utilizada nas caldeiras no estudo de Maués (2007) possui a mesma umidade do bagaço aqui considerado (50%), sendo assim, se o excedente de bagaço da usina estudada por Maués (2007) for direcionado para a produção de energia elétrica (99.000 t),

seriam obtidos 19.682 MWh (considerando-se cogeração nos mesmos processos estabelecidos aqui neste trabalho). Este valor é superior, proporcionalmente, ao valor encontrado da Usina PB, devido a maior quantidade de cana processada e, conseqüentemente, uma maior quantidade de bagaço excedente. Este fato tem como provável justificativa uma diferente modelagem nos processos das usinas, que impactam diretamente a eficiência energética das mesmas, onde a usina mostrada por Maués (2007) apresentou melhores resultados e, portanto, maior potencial de mitigação de mudanças climáticas. A publicação mais recente do Perfil do Setor do Açúcar e do Etanol no Brasil (Edição para a safra 2012/13) indicou uma produção total de bagaço de cana-de-açúcar no Brasil de aproximadamente 165 Mt (CONAB, 2017), confirmando que há realmente um potencial para a geração de eletricidade, e mais importante, de mitigação das mudanças climáticas.

CONCLUSÕES

A cogeração de eletricidade a partir de bagaço de cana-de-açúcar representou um significativo potencial para mitigar os impactos da poluição global causada pelos gases relacionados às influências antrópicas sobre o efeito estufa e a um possível aquecimento global decorrente.

A produção de energia elétrica via combustão do bagaço de cana-de-açúcar apresentou baixos níveis de emissão de carbono para a atmosfera, sendo mais adequada ambientalmente do que o processo utilizando combustíveis fósseis. A alta pegada de carbono evitada apenas utilizando o excedente de bagaço da Usina PB demonstra que pequenos esforços possuem potencial para trazer melhorias ambientais e contribuir com a sustentabilidade da empresa.

Usinas sucroalcooleiras já geram um excedente de energia elétrica, que em alguns casos, é vendida para as concessionárias. Porém, a geração elétrica nestas usinas poderia ser bastante aprimorada pela utilização de sistemas de conversão de energia mais eficientes e através da recuperação de parte dos resíduos da cana como a palha, que, atualmente, é deixada no campo.

Havendo este aproveitamento, haveria a disponibilidade de mais biomassa para as caldeiras das usinas. Entretanto, a coleta dos resíduos da cana para a usina necessita de um desenvolvimento nos procedimentos agrícolas, sendo que já existem algumas usinas seguindo essa prática e estas servem de exemplo para o setor.

Como sugestão para trabalhos futuros pode-se verificar a contribuição ambiental da utilização do excedente do bagaço da Usina PB para a produção de energia, levantando o excedente de bagaço das últimas 10 safras, e quantificar a pegada de carbono equivalente que seria evitada.

Também seria relevante levantar os dados de produção das outras três usinas localizadas no município de Santa Rita e avaliar o benefício ambiental obtido se o excedente destas usinas também fosse destinado para a produção de energia elétrica para substituir a energia advinda de usinas termelétricas que utilizem combustíveis fósseis.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAO, R.; CARVALHO, M.; CAUSAPE, J. Carbon and water footprints of irrigated corn and non-irrigated wheat in Northeast Spain. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 6, p. 5647-5653, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2014a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14044**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro: ABNT, 2014b.

ARAUJO, Y. R. V.; GOIS, M. L.; COELHO JÚNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Pegada de carbono para quatro cenários dos resíduos da arborização urbana de João Pessoa. In: SANTOS, J. P. O.; SILVA, R. C. P.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: Impactos Socioeconômicos e Ambientais**. 1. ed. Recife: Gampe/UFRPE, v. 1, p. 224- 233, 2018.

ARIAS D.; CABALLERO, J. **Paraíba, Brazil Agricultural Sector Risk Assessment**. Agriculture global practice note, out. 2015. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/540961467998208980/pdf/100126-BRI-P150895-PUBLIC-ADD-SERIES-Box393225B-Paraiba-Brazil-Policy-Note-web.pdf>> Acesso em: 16 Out.2017.

BORBA, J.E. M.; VITAL, A. A. B.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Viabilidade da cogeração em indústria sucroenergética. In: SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O.; MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: Tecnologias e Boas Práticas de Economia Circular**. 1ed. Recife: Gampe/UFRPE, v. 1, p. 195- 206, 2018,.

BRASIL - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Resenha Energética Brasileira**. Exercício de 2014. Edição de junho de 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/balanco-energetico-nacional>> Acesso em: 1 fev. 2016.

CARVALHO, M.; SERRA, L.M.; LOZANO, M.A.; Optimal synthesis of trigeneration systems subject to environmental constraints. **Energy**, v. 36, n. 6, p. 3779-3790, 2011.

CARVALHO, M.; LOZANO, M.A.; SERRA, L.M.; Multicriteria synthesis of trigeneration systems considering economic and environmental aspects. **Applied Energy**, v. 91, n. 1, p. 245 - 254, 2012.

CARVALHO, M.; SILVA, E.S.; ANDERSEN, S.L.; ABRAHÃO, R. Life cycle assessment of the transesterification double step process for biodiesel production from refined soybean oil in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 11, p. 11025 – 11033. 2016.

CARVALHO, M.; DELGADO, D. B. M. Potential of photovoltaic solar energy to reduce the carbon footprint of the brazilian electricity matrix. **LALCA-Revista Latino Americana em Avaliação do Ciclo de Vida**, v. 1, p. 64-85, 2017.

CARDONA, C. A.; QUINTERO, J. A.; PAZ, I. C.; Production of bioethanol from sugarcane bagasse: status and perspectives. **Bioresource technology**. v. 101, n. 13, p. 4754 - 4766, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Perfil do setor do açúcar e do etanol no Brasil**. Brasília: Conab, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_05_15_02_45_perfil_sucroalcool2012e13.pdf> Acesso em: 13 mai. 2017.

DELGADO, D. B. M. **Otimização econômica e ambiental de um sistema de poligeração incluindo energia solar fotovoltaica e biomassa: estudo de caso em um hospital paraibano**. 2015. 176 f. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2015.

DELGADO, D. B. M.; CARVALHO, M. Potencial da energia solar fotovoltaica em geração distribuída para manutenção da pegada de carbono do mix elétrico brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Congestas 2016. **Anais...**, p. 1295 – 1305. João Pessoa, 11 a 14 de dezembro de 2016.

DEEPCHAND, K. Sugar cane bagasse energy cogeneration—lessons from Mauritius. In: **parliamentarian forum on energy legislation and sustainable development**. Cape Town, South Africa. p. 2005, 2005..

DIAS, M.; ENSINAS, A. V.; NEBRA, S. A.; MACIEL, F. R.; ROSSELL, C.E.V. Maciel MRW. Production of bioethanol and other bio-based materials from sugarcane bagasse: integration to conventional bioethanol production process. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 87, n. 9, p. 1206 - 1216, 2009.

ECOINVENT. **Strommix und Stromnetz**. Swiss, Swiss Centre for Life Cycle Inventories. 2016.

EBRASIL ENERGIA. Empresas do Grupo. Disponível em: <<http://ebrasilenergia.com.br/site/epasa/>> Acesso em: 13 Jun 2017.

FEDRIGO, N. S.; GONÇALVES, G.; LUCAS, P. F. **Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro**. Relatório de Iniciação Científica. Florianópolis/SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

GUINÉE, J. B.; REINOUT, H.; GJALT, H. Life Cycle Assessment: past, present and future. **Environmental Science and Technology**. v. 45, n.1, p.90 - 96, 2011.

JAM, S.; SANTOS, J.J.C.S.; CARVALHO, M.; OLIVEIRA, J.S. On the thermoeconomic and LCA methods for waste and fuel allocation in multiproduct systems. **Energy**, v. 127, p. 775 - 785, 2017.

LOZANO, M. A.; CARVALHO, M.; SERRA, L. M. Tackling environmental impacts in simple trigeneration systems operating under variable conditions. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 19, n. 5, p. 1087-1098, 2014.

MANDALOUFAS, M. A. **Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como fonte de energia, conforme diretrizes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Departamento de Engenharia Mecânica. São Paulo: Universidade de Taubaté, 2010. AUÉS, J. A. Maximização da geração elétrica a partir do bagaço e palha em usina de açúcar e álcool. **Revista Engenharia**: São Paulo, v. 88, n. 583, p. 88-95, 2007.

MAYER, F. D.; BRONDANI, M.; HOFFMANN, R.; FERIS, L. A.; MARCILIO, N. R.; BALDO, V. Small-scale production of hydrous ethanol fuel: Economic and environmental assessment. **Biomass & Bioenergy**, v. 93, p. 168-179, 2016.

MANDALOUFAS, M. A. **Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como fonte de energia, conforme diretrizes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Departamento de Engenharia Mecânica. Taubaté-SP: Universidade de Taubaté, 2010.

MAYER, F.D.; BRONDANI, M.; HOFFMANN, R.; FERIS, L.A.; MARCILIO, N.R.; BALDO, V. Small-scale production of hydrous ethanol fuel: Economic and environmental assessment. **Biomass & Bioenergy**, v. 93, p. 68-179, 2016.

MAUÉS J. A. Optimization of power generation from bagasse and sugarcane waste in a Brazilian sugar and alcohol mill. In: ISES World Congress, 2007. **Proceedings...** (Vol. I–Vol. V). Springer, Berlin, Heidelberg, p. 2444-2448, 2008.

MELLO, D. P.; EL-DEIR, S. G.; SILVA, R. C. P.; SANTOS, J. P. O. (Org.). **Resíduos sólidos: Gestão Pública e Privada**, v. 1, p. 208-220, 2018.

NASCIMENTO, D. P.; MENEZES, V.; CARVALHO, M.; CHACARTEGUI, R.. Produção de eletricidade a partir de biogás no aterro sanitário metropolitano de João Pessoa-PB. In: Daniel Pernambuco de Mello, Soraya Giovanetti El-Deir, Rodrigo Cândido Passos da Silva, João Paulo de Oliveira Santos. (Org.). **Resíduos sólidos: Gestão Pública e Privada**. 1. ed. Recife: Gampe/UFRPE, v. 1, p. 221-233, 2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Report Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, NY, USA, 1535 p. 2013. Disponível em: <www.ipcc.ch/report/ar5/wg1> Acesso em: 10 mai. 2017.

PRÉCONSULTANTS. **SimaPro software**. Disponível em: <www.simapro.nl> Acesso em: 16 nov. 2015.

ROSA, L. P. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. **Revista Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 39-58, 2007.

RUGGANI, B.; ROWE, I. V.; BENEDETTO, G.; BENETTO, E. A comprehensive review of carbon footprint analysis as an extended environmental indicator in the wine sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 54, p. 61-77, 2013.

SILVA, S. V. B.; PONTES, T. G.; JAGUARIBE, D. C. A. **Princípios de balanços energéticos em caldeiras sucroalcooleiras**. 1. ed. Verlag/Editora: Novas Edições Acadêmicas, v. 1. p. 54, 2015..

SILVA, D. A. L.; DELAI, I.; MONTES, M. L. D.; OMETTO, A. R. Life cycle assessment of the sugarcane bagasse electricity generation in Brazil. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 32, p. 532–547, April 2014. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114000276>> Acesso em 24 fev 2016.

SILVA, S. V. B.; PONTES, T. G.; JAGUARIBE D.C.A.; **Principles of energy balances in sugar and ethanol industry boilers**. Verlag/Editora: Novas Edições Acadêmicas, p. 54, 2015.

SILVA, D. A. L.; DELAI, I.; MONTES, M.; OMETTO, A.R.; Life cycle assessment of the sugarcane bagasse electricity generation in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 32, p. 532–547, 2014.

SOUSA, E. L. L.; MACEDO, I.C. **Ethanol and bioelectricity: sugarcane in the future of the energy matrix**. São Paulo: UNICA, p. 315, 2010.

6.4. ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA RECUPERADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO BENEFICIAMENTO DO PESCADO EM MACEIÓ – AL

SILVA, Quesia Jemima

Programa de Pós-graduação em Biociência Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco
(LABTECBIO/UFRPE)
quesiajemima0@gmail.com

SILVA, Jéssica Costa

Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco
(PPGCB/UFPE)
jess.cost15@gmail.com

PORTO, Ana Lúcia Figueiredo

LABTECBIO/UFRPE
analuporto@yahoo.com.br

OLIVEIRA, Vagne de Melo

PPGBA/UFRPE
vagne_melo@hotmail.com

RESUMO

A litoral de Maceió-AL é bastante utilizada para captura de diferentes tipos de pescado, contando com uma variedade de espécies de peixes, seja para comercialização e/ou consumo. Após a filetagem, são gerados resíduos sólidos, como cabeça, cauda, pele, escamas (quando presentes), barbatanas e vísceras internas. Esses subprodutos podem servir de alternativa no fornecimento de proteínas. Uma vez que as condições ambientais influenciam a ação dessas proteínas, este trabalho objetivou estudar o efeito da temperatura na atividade de tripsina e de quimotripsina recuperada a partir de resíduos sólidos do beneficiamento de *Lutjanus synagris*, *Caranx crysos* e *Cynoscion leiarchus* capturados no município de Maceió, Alagoas. A temperatura ótima de ação da tripsina sofreu variação de acordo com a espécie, entre 35°C e 60°C, enquanto que para a quimotripsina manteve próximo aos 40°C. na avaliação da estabilidade térmica, a quimotripsina se mostrou menos resistente do que a tripsina. Assim, é sugestiva a utilização de tripsina extraída de resíduos intestinais das referidas espécies, uma vez que os valores obtidos foram dentro do desejado pelos segmentos industriais, sendo necessário submetê-las a processos de purificação. Ainda, houve o reaproveitamento total das vísceras utilizadas, contribuindo com a redução da contaminação ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Marinhos, Proteases, Resíduos.

INTRODUÇÃO

O Estado de Alagoas apresenta uma área vasta para captura de uma variedade de espécies aquáticas, principalmente de peixes, seja através dos métodos de caçadas e/ou de linha, muitos para consumo local (RANGELY et al., 2010). Segundo a FAO (2016), milhões de pessoas em todo o mundo encontram uma fonte de renda e meios de subsistência no setor de pesca e aquicultura. As estimativas mais recentes mostram que 56,6 milhões de pessoas trabalharam em 2014 no setor primário aquícola. Após a captura é realizada a evisceração e separação dos resíduos sólidos (cabeça, cauda, barbatanas, escamas, coração, vísceras digestivas, mesentério, etc.). Aproximadamente, para cada 1 kg de peixe filetado, cerca de 50 a 70% são negligenciados e desprezados, seja por falta de investimento da indústria – uma das justificativas é a elevação dos custos do setor –, ou falta de tecnologia simples para reutilização desses descartes. Todavia, esses resíduos têm demonstrado interesse pelo mercado de enzimas para aplicações biotecnológicas, contribuindo para com que haja um impacto positivo na economia pesqueira (BEZERRA et al., 2006; BOUGATEF, 2013; LINO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017; JESÚS-DE LA CRUZ et al., 2018).

Dentre os fatores físico-químicos, a temperatura é um que mais influenciam no estudo da eficiência enzimática. Enzimas com alta resistência térmica e que conseguem permanecer estáveis a largas faixas de oscilações são altamente desejáveis, principalmente se sua origem for contribuir com redução de custos, como as extraídas do processamento do pescado (OUTZEN et al., 1996; BALTI et al., 2009; JELLOULI et al., 2009; SILVA et al., 2014; FRANÇA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017; JESÚS-DE LA CRUZ et al., 2018). Dessa forma, este trabalho objetivou estudar o efeito da temperatura na atividade de tripsina e de quimotripsina recuperada a partir de resíduos sólidos do beneficiamento de *Lutjanus synagris*, *Caranx crysos* e *Cynoscion leiarchus* capturados no município de Maceió, Alagoas; como forma de evidenciar seu potencial para futuras aplicações em escala industrial e agregar valor ao subproduto da pesca.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A produção global de peixes, crustáceos, moluscos e outros animais aquáticos atingiu 169,2 milhões de toneladas em 2015. Deste total, a produção de captura foi de 92,6 milhões de toneladas, um aumento de 1,6% em relação ao ano anterior. A produção da aquicultura foi de 76,6 milhões de toneladas em 2015, um aumento de 4% em relação ao ano anterior (FAO, 2017). À medida que o consumo de filés ou de outras formas preparadas ou conservadas aumenta, a proporção de resíduos sólidos, como cabeças, caudas, espinhos, vísceras internas, como rins, fígado, estômago, coração, intestino e outros produtos derivados do processamento segue a mesma tônica (ZHOU et al., 2011; LINO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2014; FAO, 2016; OLIVEIRA et al., 2017).

Em algumas comunidades existe o uso alternativo dos resíduos derivados do pescado proveniente da piscicultura (POLYCARPO et al., 2018) e da maricultura (VIEGA et al., 2015a, 2015b; FREIRE e MORAES, 2016). Entretanto, boa parte desses resíduos são despejados em sistemas de eliminação terrestres ou no mar durante o seu processo de decomposição (ZHOU et al., 2011). Além do que, a reutilização dessas fontes residuais podem contribuir para com a redução do ônus ambiental e agregar valor ao produto como forma de aumentar os rendimentos dos pescadores.

A recuperação da atividade enzimática desses subprodutos muitas vezes passa pela necessidade de realização de processos tecnológicos avançados, nem sempre de custo baixo, para a extração e isolamento da molécula de interesse, e para definição de seus parâmetros bioquímicos e de aplicabilidade prática (BEZERRA et al., 2006; SILVA et al., 2011; COSTA et al., 2013; MEDEIROS et al., 2015; ALVES et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2017). Nesse sentido, resíduos

de organismos aquáticos já foram investigadas quanto ao seu potencial de fornecimento de biomoléculas, principalmente tripsina (ESPÓSITO et al., 2010; COSTA et al., 2013; LINO et al., 2014; MEDEIROS et al., 2015; KLOMKLAO e BENJAKUL, 2018) e quimotripsina (CHONG et al., 2002; CASTILLO-YÁÑEZ et al., 2009; YANG et al., 2009; ZHOU et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2017).

Tripsina de origem aquática podem ser utilizadas na produção de sabão em pó pela indústria de detergentes (ESPÓSITO et al., 2009; JELLOULI et al., 2009; KTARI et al., 2012; NASRI et al., 2012; KHANGEMBAM e CHAKRABARTI, 2015; MEDEIROS et al., 2015; YOUNES et al., 2015; BKHAIRIA et al., 2016), na extração de pimentos carotenóides de resíduos de camarão (SILA et al., 2012; YOUNES et al., 2015; POONSIN et al., 2017), na produção de hidrolisados proteicos, na produção de farinha de peixe, no processamento da carne, na produção de silagem ou na indústria de alimentos visando a promoção da saúde humana (GODDARD e PERRET, 2005; BALTI et al., 2009; FELTES et al., 2010; FREITAS et al., 2012; LIMA, 2013; GOOSEN et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2014; KETNAWA et al., 2016; VILLAMIL et al., 2017) ou, mais recentemente, na síntese de peptídeos biologicamente ativos no segmento biomédico (JESÚS-DE LA CRUZ et al., 2018).

A quimotripsina, enzima secretada pelos tecidos pancreáticos de vertebrados e invertebrados, é ativada por um efeito cascata da presença da tripsina no duodeno, chega a apresentar 3 estruturas diferentes (quimotripsinas A, B e C) que sofrem variação em relação a solubilidade, ponto isoelétrico e especificidade de clivagem (OLIVEIRA et al., 2014; ZHOU et al., 2011). Apenas quimotripsina A e B são encontradas em peixes. Em comparação com a quimotripsina de mamíferos, as enzimas de peixes têm uma composição de aminoácidos e pesos moleculares parecidas. Além do que, apresentam maior atividade específica, sobretudo aquelas provenientes de peixes de água fria, e baixa tolerância a temperatura, sendo este um fator preponderante para sua eficiência catalítica (ZHOU et al., 2011). Quimotripsinas já foram recuperadas a partir de resíduos sólidos orgânicos de espécies de peixes capturadas em Maceió, Alagoas, em trabalho descrito por Lino et al. (2014) com uma espécie de *Scomberomorus cavala* e por Oliveira et al. (2017) com a espécie *Seriola dumerili* ambas espécies de interesse comercial e que tem propriedades organolépticas apreciadas pelos consumidores da região. Na indústria, essas enzimas podem ser utilizadas nas etapas de preparação do couro e na composição de diagnósticos biomédicos (CHONG et al., 2002; CASTILLO-YÁÑEZ et al., 2009; YANG et al., 2009; ZHOU et al., 2011).

METODOLOGIA

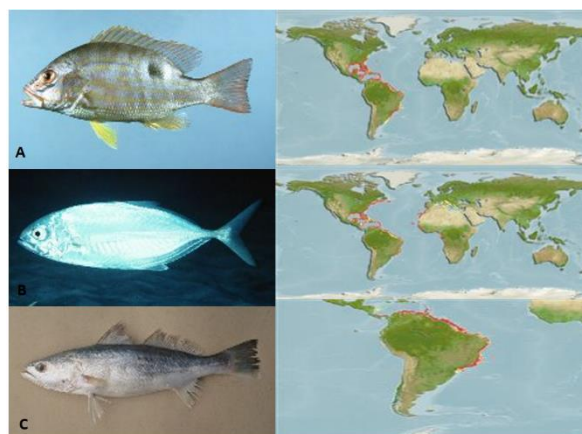
O trabalho foi realizado no Laboratório de Produtos Bioativos (LABTECBIO), Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal (DMFA), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Os resíduos sólidos utilizados foram das espécies (Figura 1A-D): *Lutjanus synagris*, *Caranx crysos* e de *Cynoscion leiarchus*; cedidos gentilmente pela colônia de pescadores de Ponta Verde, Município de Maceió - AL.

Após a etapa de evisceração, os resíduos de intestino foram separados, embaladas em recipientes de plástico, mantidos no gelo e transportados para o Laboratório de tecnologia de produtos bioativos (LABTECBIO) para posterior recuperação de atividades enzimáticas.

A extração de proteases a partir das vísceras intestinais foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Oliveira et al. (2017). A razão de vísceras para tampão de extração (0,05 M de Tris-HCl, pH 7,5, contendo 5 mM de CaCl₂) foi de 1:5 (w/v). As amostras (15 g cada espécie) (Figura 2) foram misturadas em alta velocidade durante quatro intervalos de 15s, com um intervalo de 30s de arrefecimento entre cada execução. O recipiente de homogeneização foi continuamente resfriado em banho de gelo. Os homogeneizados resultante foram centrifugados a 20.000 g durante 30 minutos a 4°C para obtenção do extrato bruto (EB). O extrato bruto final foi

filtrado através de um filtro estéril, em seguida, armazenado a -22°C, para posterior recuperação enzimática.

Figura 1. Espécies de peixes utilizadas para recuperação enzimática



A- *Lutjanus synagris*; B- *Caranx crysos*; C- *Cynoscion leiarchus*.

Fonte: Banco de imagens de domínio público FishBase

Figura 2. Resíduo de intestino de *Lutjanus synagris* após evisceração



Fonte: Acervo pessoal.

A concentração de proteína totais de todos os extratos brutos preparados com resíduos sólidos foi determinada de acordo com metodologia descrita por Smith et al. (1985). A atividade específica das proteases foi determinada utilizando-se 170 μL de tampão Tris-HCl 0,05 M pH 7,5, 30 μL de extrato enzimático e 30 μL de substrato específico, sendo N- α -benzoyl-DL-Arginina-p-nitroanilida (BAPNA) e Suc-Phe-p-Nan (SAPNA) para tripsina e quimotripsina, respectivamente. Após o período de incubação de 15 min., a absorbância das amostras foi medida no leitor de microplaca (xMarktm BIORAD) no comprimento de onda de 405 nm. Todas as análises foram realizadas em quadruplicata. Uma unidade (U) de atividade enzimática é considerada a quantidade de enzima capaz de produzir 1 μmol de p-nitroanilina por minuto. A atividade específica, calculada como a relação entre a atividade protease (U/mL) e a proteína total na amostra (mg/mL) foi expressa em U/mg (OLIVEIRA et al., 2017).

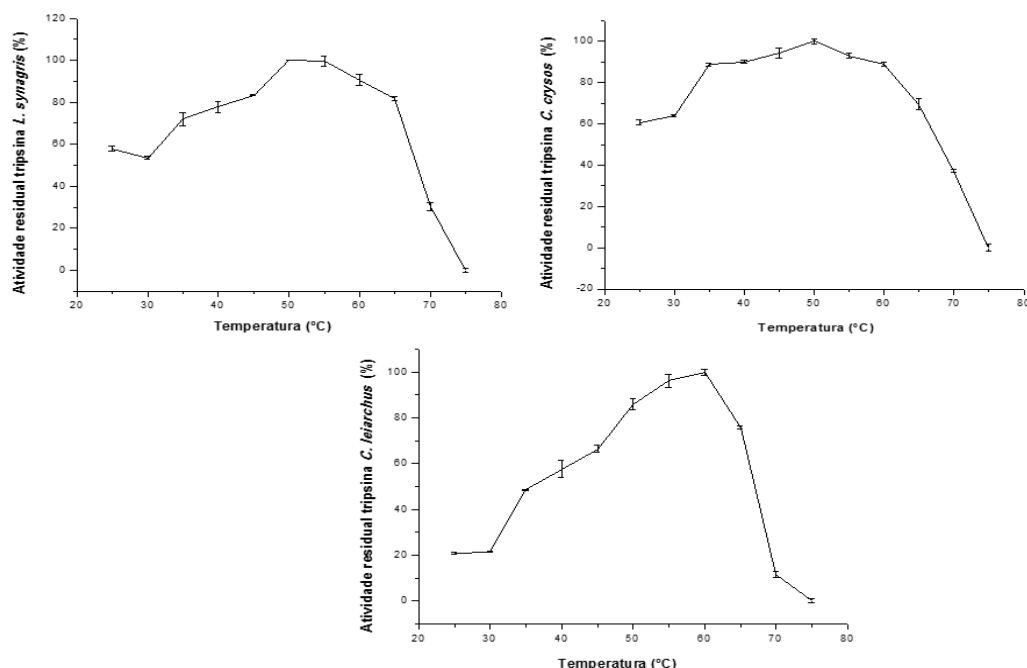
O efeito da temperatura sobre a atividade enzimática dos extratos brutos das espécies e a estabilidade térmica foi avaliado a temperaturas variando de 25°C a 80 °C. Para a temperatura ótima, os ensaios foram realizados através da incubação do extrato enzimático com os substratos, 8 mmol/L de BAPNA e Suc-Phe-p-Nan (SAPNA) para tripsina e quimotripsina, respectivamente, em um banho de gelo. Para testar a estabilidade térmica, a enzima foi incubada em banho de água por 30 minutos e a atividade restante foi então mensurada em 25 °C. A atividade foi calculada como a razão entre a atividade da enzima no final de cada corrida de incubação e a do início, sendo expresso em percentagem (%) (OLIVEIRA et al., 2017). Todos os valores foram apresentados como médias $\pm$ desvios-padrão. Estes dados foram analisados estatisticamente por

ANOVA, seguida do teste Tukey, quando indicado. Diferenças entre os grupos foram aceitos como significativos ao nível de confiança de 95% ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram recuperadas atividade enzimáticas a partir do extrato bruto produzido dos resíduos sólidos intestinais de 3 espécies de peixes neotropicais (*L. synagris*, *C. crysos* e *C. leiarchus*). Todas as espécies trabalhadas possuíam hábitos alimentares carnívoros, tendo como fonte primária peixes menores, peixes doentes e camarões. Assim como temperatura e pH, o hábito alimentar pode influenciar no metabolismo digestivo. A tripsina recuperada dos resíduos de *L. synagris*, *C. crysos* e de *C. leiarchus* apresentam atividade ótima a 50°C, 50°C e 60°C, respectivamente (Figura 3), mantendo-se estável entre 30-55°C, 25-65°C e 25-55°C, respectivamente. O tratamento térmico influenciou na atividade das tripsinas, corroborando com o descrito na literature científica para *Sebastes schlegelii* (KISHIMURA et al., 2007) e *Arapaima gigas* (FREITAS-JUNIOR et al., 2012), ambos com temperatura ótima de 65°C. No que diz respeito a termoestabilidade, a tripsina das 3 espécies analisadas mostraram-se sensíveis quando em exposição a valores superiores a 60°C.

Figura 3. Temperatura ótima da tripsina extraída de resíduos do processamento de peixes marinhos

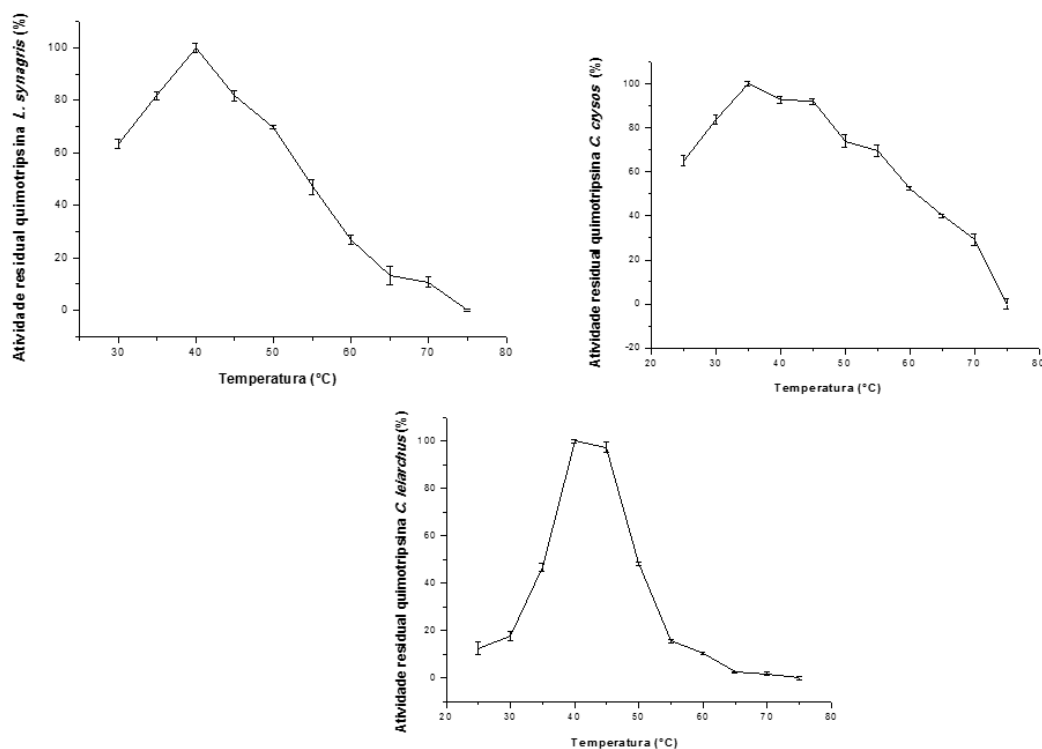


Ensaio de temperatura ótima com tripsinas extraídas de organismos aquáticos relataram atividade ótima a 60°C em extratos das espécies *Sardinops melanostictus* (KISHIMURA et al., 2006), *Sebastes schlegelii* (KISHIMURA et al., 2008), *Theragra chalcogramma* (KISHIMURA et al., 2008); *Clarias macrocephalus* X *Clarias gariepinus* (KLOMKLAO et al., 2011), *Thunnus alalunga* (KLOMKLAO e BENJAKUL, 2018); de 50°C para *Caranx hippos* (COSTA et al., 2013) e *Luphiosilurus alexandri* (SANTOS et al., 2016); DE 55°C para a espécie *Boops boops* (BARKIA et al., 2009) e *Barbus callensis* (SILA et al., 2012) e de 65° para *Arapaima gigas* (FREITAS-JUNIOR et al., 2012). A atividade ótima das quimotripsinas foi de 40°C para resíduos de *L. synagris* e *C. leiarchus*, e de 35°C para os extratos de *C. crysos* (Figura 4).

Todas as enzimas permaneceram estáveis na faixa de 25 a 45°C, valores considerados baixos, sugerindo pouca resistência térmica. Resultados semelhantes foram descritos para enzimas extraídas de organismos aquáticos como *Oncorhynchus mykiss* (KRISTJÁNSSON e

NIELSEN, 1992), *Engraulis japonica* (HEU et al., 1995), *Sardinops sagax caerulea* (CASTILLO-YAÑEZ et al., 2009) e *S. dumerili* (OLIVEIRA et al., 2017). Zhou et al. (2011) relataram que quimotripsinas de peixes marinhos ambientados a ambientes de baixa temperatura apresentam maior atividade catalítica que enzimas em mamíferos, por exemplo. Os estudos de sensibilidade enzimática a estresse provocado pela temperatura são importantes do ponto de vista industrial para descobrir se a enzima possui estabilidade térmica, uma vez que na indústria os vários processos realizados causam um estresse grande, principalmente de calor, desnaturando proteínas pouco resistentes.

Figura 4. Temperatura ótima da quimotripsina extraída de resíduos do processamento de peixes marinhos



CONCLUSÕES

Enzimas de espécies de peixes de origem marinha foram recuperadas de resíduos intestinais e passaram por estresse térmico. Essa iniciativa visou estudar a influência da temperatura na atividade enzimática recém-recuperada de subprodutos que seriam desprezados na natureza. A atividade ótima das tripsinas obtidas dos extratos foi condizente com o reportado na literatura, em torno de 60°C. O tipo de ambiente e alimentação podem ter influenciado. Outra enzima recuperada, a quimotripsina, apresentou baixa resistência térmica, corroborando com o descrito na literatura para peixes de origem marinha. Dessa forma, foi possível averiguar a potencialidade para futuras aplicações das enzimas testadas, sugerindo que sejam realizados novos testes para que haja o isolamento por completo das referidas enzimas e sua aplicação no campo industrial de interesse. Ainda, foi possível reutilizar os resíduos, o que impacta positivamente a economia e o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.H.M.E.; NASCIMENTO, G.A.; CABRERA, M.P.; SILVERIO, S.I.C.; NOBRE, C.; TEIXEIRA, J.A.; CARVALHO JÚNIOR, L.B. Trypsin purification using magnetic particles of azocasein-iron composite. **Food Chemistry**, v.226, p.75-78, 2017.

- BALTI, R.; BARKIA, A.; BOUGATEF, A.; KTARI, N.; NASRI, M. A heat-stable trypsin from the hepatopancreas of the cuttlefish (*Sepia officinalis*): purification and characterisation. **Food Chemistry**, v.113, p.146-154, 2009.
- BARKIA, A.; BOUGATEF, A.; NASRI, R.; FETOUI, E.; BALTI, R.; NASRI, M. Trypsin from the viscera of Bogue (*Boops boops*): isolation and characterization. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.36, p.893-902, 2009.
- BEZERRA, R.S.; BUARQUE, D.S.; AMARAL, I.P.G.; CASTRO, P.F.; ESPÓSITO, T.S.; CARVALHO JR, L.B. **Propriedades e aplicações biotecnológicas das proteases de vísceras de peixes**. In: POSSEBON CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C. (Org.). *AquaCiência 2004 Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura* (pp. 2061 –275). Campinas, SP: Artpoint Produção Gráfica, 2006.
- BKHAIRIA, I.; BEN KHALED, H.; KTARI, N.; MILED, N.; NASRI, M.; GHORBEL, S. Biochemical and molecular characterisation of a new alkaline trypsin from *Liza aurata*: structural features explaining thermal stability. **Food Chemistry**, v.196, p.1346-1354, 2016.
- BOUGATEF, A. Trypsin's from fish processing waste: characteristics and biotechnological applications comprehensive review. **Journal of Cleaner Production**, v.57, p.257-265, 2013.
- CASTILLO-YAÑEZ, F.J.; PACHECO-AGUILAR, R.; LUGOSANCHEZ, M.E.; GARCIA-SANCHEZ, G.; QUINTERO REYES, I.E. Biochemical characterization of an isoform of chymotrypsin from the viscera of Monterey sardine (*Sardinops sagax caerulea*) and comparison with bovine Chymotrypsin. **Food Chemistry**, v.112, p.634-639, 2009.
- CHONG, A.S.C.; HASHIM, R.; CHOW-YANG, L.; ALI, A.B. Partial characterization and activities of proteases from the digestive tract of discus fish (*Symphysodon aequifasciata*). **Aquaculture**, v.203, p.321–333, 2002.
- COSTA, H.M.S.; FREITAS JUNIOR, A.C.V.; AMARAL, I.P.G.; HIRATA, I.Y.; PAIVA, P.M.G.; CARVALHO JUNIOR, L.B.; BEZERRA, R.S. Metal-sensitive and thermostable trypsin from the crevalle jack (*Caranx hippos*) pyloric caeca: purification and characterization. **Chemistry Central Journal**, v.7, p.1-8, 2013.
- ESPÓSITO, T.S.; AMARAL, I.P.G.; BUARQUE, D.S.; OLIVEIRA, G.B.; CARVALHO, L.B.; JR., BEZERRA, R.S. Fish processing waste as a source of alkaline proteases for laundry detergent. **Food Chemistry**, v.112, p.125-130, 2009.
- ESPÓSITO, T.S.; MARCUSCHI, M.; AMARAL, I.P.G.; CARVALHO, L.B.; BEZERRA, R.S. Trypsin from the processing waste of the lane snapper (*Lutjanus synagris*) and its compatibility with oxidants, surfactants and commercial detergents. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p. 6433-6439, 2010.
- FAO yearbook**. Fishery and Aquaculture Statistics. **2015/FAO annuaire**. **Statistiques des pêches et de l'aquaculture**. **2015/FAO anuario**. **Estadísticas de pesca y acuicultura**. 107p., 2017.
- FAO**. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. **Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos**. Roma. 224 p., 2016.
- FELTES, M.M.C.; CORREIA, J.F.G.; BEIRÃO, L.H.; BLOCK, J.M.; NINOW, J.L.; SPILLER, V.R. Alternatives for adding value for the fish processing wastes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p. 669-677, 2010.
- FRANÇA, R.C.P.; ASSIS, C.R.D.; SANTOS, J.F.; TORQUATO, R.J.S.; TANAKA, A.S.; HIRATA, I.Y.; ASSIS, D.M.; JULIANO, M.A.; CAVALLI, R.O.; CARVALHO JR, L.B.; BEZERRA, R.S. Bovine pancreatic trypsin inhibitor immobilized onto sepharose as a new strategy to purify a thermostable alkaline peptidase from cobia (*Rachycentron canadum*) processing waste. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part B**, v.1033-1034, p.210-217, 2016.

FREIRE, M.A.S.; MORAES, F.M. Análise econômica da poluição com resíduos do sururu (*Mytella falcata*, orbigny, 1846): uma tragédia dos campos comuns na Ilha de Deus? In: EL-DEIR, S.G.; PINHEIRO, S.M.G.; AGUIAR, W.J. (Org.) Resíduos sólidos: práticas para uma gestão sustentável. **1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2016, p. 486-495.**

FREITAS-JUNIOR, A.V.C.; COSTA, H.M.S.; ICIMOTO, M.Y.; HIRATA, I.Y.; MARCONDES, M.; CARVALHO JR.; L.B., OLIVEIRA, V.; BEZERRA, R.S. Giant Amazonian fish arapaima (*Arapaima gigas*): its viscera as a source of thermostable trypsin. **Food Chemistry**, v.133, p.1596-1602, 2012.

GODDARD, J.S.; PERRET, J.S.M. Co-drying fish silage for use in aquafeeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.118, p.337-342, 2005.

GOOSEN, N.J.; FRANCOIS DE WET, L.; GÖRGENS, J.F.; JACOBS, K.; BRUYN, A. Fish silage oil from rainbow trout processing waste as alternative to conventional fish oil in formulated diets for Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. **Animal Feed Science and Technology**, v.188, p.74-84, 2014.

HEU, M.S.; KIM, H.R.; PYEUN, J.H. Comparison of trypsin and chymotrypsin from the viscera of anchovy, *Engraulis japonica*. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, v.112, n.3, p.557-567, 1995.

JELLOULI, K.; BOUGATEF, A.; DAASSI, D.; BALTI, R.; BARKIA, A.; NASRI, M. New alkaline trypsin from the intestine of Grey triggerfish (*Balistes capriscus*) with high activity at low temperature: purification and characterisation. **Food Chemistry**, v.116, p.644-650, 2009.

JESÚS-DE LA CRUZ, K.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, C.F.; PEÑA, E.; MORALES-CONTRERAS, J.A.; ÁVILA-FERNÁNDEZ, A. Fish trypsins: potential applications in biomedicine and prospects for production. 3 Biotech, v.8, n.186, p.185-186, 2018.

KETNAWA, S.; MARTÍNEZ-ALVAREZ, O.; BENJAKUL, S.; RAWDKUEN, S. Gelatin hydrolysates from farmed Giant catfish skin using alkaline proteases and its antioxidative function of simulated gastrointestinal digestion. **Food Research International**, v.192, p.34-42, 2016.

KHANGEMBAM, B.K.; CHAKRABARTI, R. Trypsin from the digestive system of carp *Cirrhinus mrigala*: Purification, characterization and its potential application. **Food Chemistry**, v.175, p.386-394, 2015.

KISHIMURA, H.; HAYASHI, K.; MIYASHITA, Y. Characteristics of trypsins from the viscera of true sardine (*Sardinops melanostictus*) and the pyloric ceca of arabesque greenling (*Pleuropammus azonus*). **Food Chemistry**, v.97, p.65-70, 2006.

KISHIMURA, H.; KLOMKLAO, S.; BENJAKUL, S.; CHUN, B-S. Characteristics of trypsin from the pyloric ceca of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). **Food Chemistry**, v.106, p.194-199, 2008.

KISHIMURA, H.; TOKUDA, Y.; YABE, M.; KLOMKLAO, S.; BENJAKUL, S.; ANDO, S. Trypsins from the pyloric ceca of jacobever (*Sebastes schlegelii*) and elkhorn sculpin (*Alcichthys alcicornis*): isolation and characterization. **Food Chemistry**, v.100, p.1490-1495, 2007.

KLOMKLAO, S.; BENJAKUL, S. Two trypsin isoforms from albacore tuna (*Thunnus alalunga*) liver: Purification and physicochemical and biochemical characterization. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.107, p.1864-1870, 2018.

KRISTJÁNSSON, M.M.; NIELSEN, H.H. Purification and characterization of two chymotrypsin-like proteases from the pyloric caeca of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v.101, n.1-2, p.247-253, 1992.

KTARI, N.; BEN KHALED, H.; NASRI, R.; JELLOULI, K.; GHORBEL, S.; NASRI, M. Trypsin from zebra blenny (*Salaria basilisca*) viscera: purification, characterization and potential application as a detergent additive. **Food Chemistry**, v.130, p.467-474, 2012.

LIMA, L.K.F. **Reaproveitamento de Resíduos Sólidos na Cadeia Agroindustrial do Pescado**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 28p., 2013.

LINO, L.H.S.; ROBERTO, N.A.; BEZERRA, R.S.; OLIVEIRA, V.M.; PORTO, A.L.F. Aproveitamento dos subprodutos de cavala (*Scomberomorus cavala*) para obtenção de proteases digestivas: temperatura ótima e termoestabilidade. **Revista Saúde & Ciência Online**, v.3, p.305-311, 2014.

MEDEIROS, F.S.; MARCUSCHI, M.; ASSIS, C.R.D.; SILVA, J.F.; ESPÓSITO, T.S.; BEZERRA, R.S. **Potencial laundry detergent applications of mutton snapper (*Lutjanus analis*) proteases**. **Journal of FisheriesSciences.com**, v.9, n.3, p.063-069, 2015.

NASRI, R.; SILA, A.; KTARI, N.; LASSOUED, I.; BOUGATEF, A.; KARRA-CHAABOUNI, M.; NASRI, M. Calcium dependent, alkaline detergent-stable trypsin from the viscera of Goby (*Zosterisessor ophiocephalus*): purification and characterization. **Process Biochemistry**, v.47, p.1957-1964, 2012.

OLIVEIRA, V.M.; ASSIS, C.R.D.; BEZERRA, R.S. Fish digestive hydrolase: biochemical, physiological and biotechnological aspects. **REB, Revista Eletrônica de Biologia**, v.7, n.3, p.330-341, 2014.

OLIVEIRA, V.M.; NASCIMENTO, T.P.; ASSIS, C.R.D.; BEZERRA, R.S.; PORTO, A.L.F. Study on enzymes of industrial interest in digestive viscera: Greater amberjack (*Seriola dumerili*). **Journal of Coastal Life Medicine**, v.5, n.6, p.233-238, 2017.

OUTZEN, H.; BERGLUND, G.I.; SMALÅS, A.O.; WILLASSEN, N.P. Temperature and pH sensitivity of trypsins from Atlantic salmon (*Salmo salar*) in comparison with bovine and porcine trypsin. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v.115, p.33-45, 1996.

POLYCARPO, J.S.M.; SANTOS JUNIOR, M.A.; BELTRAME, L.T.C. Alternativas para o uso dos resíduos da maricultura. In: SILVA, R.C.P.; SANTOS, J.P.O.; MELLO, D.P.; **El-Deir, S.G. (Orgs.). Resíduos sólidos: tecnologia e boas práticas de economia circular**. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2018, p. 79-86.

POONSIN, T.; SRIPOKAR, P.; BENJAKUL, S.; SIMPSON, B.K.; VISESSANGUAN, W.; KLOMKLAO, S. Major trypsin like-serine proteinases from albacore tuna (*Thunnus alalunga*) spleen: biochemical characterization and the effect of extraction media. **Journal Food Biochemistry**, v.41, p.1-9, 2017.

RANGELY, J.; FABRÉ, N.N.; TIBURTINO, C.; BATISTA, V.S. **Estratégias de pesca artesanal no litoral marinho alagoano (BRASIL)**. Boletim do Instituto de Pesca, v.36, n.4, p.263-275, 2010.

SANTOS, C.W.V.; MARQUES, M.E.C.; TENÓRIO, H.A.; MIRANDA, E.C.; PEREIRA, H.J.V. Purification and characterization of trypsin from *Luphiosilurus alexandri* pyloric cecum. **Biochemistry and Biophysics Reports**, v.8, p.29-33, 2016.

SILA, A.; NASRI, R.; JRIDI, M.; BALTI, R.; NASRI, M.; BOUGATEF, A. Characterisation of trypsin purified from the viscera of Tunisian barbel (*Barbus callensis*) and its application for recovery of carotenoproteins from shrimp wastes. **Food Chemistry**, v.132, p.1287-1295, 2012.

SILVA, J.F.; ESPOSITO, S.T.; MARCUSCHI, M.; RIBEIRO, K.; CAVALLI, R.O.; OLIVEIRA, V.; BEZERRA, R.S. Purification and partial characterization of a trypsin from the processing waste of the silver mojarra (*Diapterus rhombeus*). **Food Chemistry**, v.129, p.777-782, 2011.

SILVA, J.F.X.; RIBEIRO, K.; SILVA, J.F.; CAHÚ, T.B.; BEZERRA, R.S. Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolysate. **Animal Feed Science and Technology**, v.196, p.96-106, 2014.

SMITH, P.K.; KROHN, R.I.; HERMANSON, G.T.; MALLIA, A.K.; GARTNER, F.H.; PROVENZANO, M.D.; FUJIMOTO, E.K.; GOEKE, N.M.; OLSON, B.J.; KLENK, D.C. 1985 Measurement of protein using bicinchoninic acid. **Analytical Biochemistry**, v.150, n.1, p.76-85, 1984.

VIEGA, M.C.M.; MOURA, J.R.; SANTOS, G.; COSTA, W.M. Capacitação em aproveitamento de resíduos de pesca (Escamas e Conchas) no programa social do chapéu de palha. In: EL-DEIR, G.S.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas**. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2015a, p. 190-202.

VIEGA, M.C.M.; MOURA, J.R.; VIDAL, J.M.A.; COSTA, W.M. Oficinas de artesanato com resíduos de pescado em duas comunidades pesqueiras de Pernambuco. In: EL-DEIR, G.S.; GUIMARÃES, E.S. (Orgs.). **Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas**. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2015b, p. 295-303.

VILLAMIL, O.; VAQUIRO, H.; SOLANILLA, J.F. Fish viscera protein hydrolysates: production, potential applications and functional and bioactive properties. **Food Chemistry**, v.224, p.160-171, 2017.

YANG, F.; SU, W.J.; LU, B.J.; WU, T.; SUN, L.C.; HARA, K.; CAO, M. Purification and characterization of chymotrypsins from the hepatopancreas of crucian carp (*Carassius auratus*). **Food Chemistry**, v.116, p.860-866, 2009.

YOUNES, I.; NASRI, R.; BKHAIIRA, I.; JELLOULI, K.; NASRI, M. New proteases extracted from red scorpionfish (*Scorpaena scrofa*) viscera: characterization and application as a detergent additive and for shrimp waste deproteinization. **Food and Bioproducts Processing**, v.94, p.453-462, 2015.

ZHOU, L.; BUDGE, S.M.; GHALY, A.E.; BROOKS, M.S.; DAVE, D. Extraction, Purification and characterization of fish chymotrypsin: A Review. **American Journal of Biochemistry and Biotechnology**, v.7, p.104-123, 2011.

DOS ORGANIZADORES

ANDRÉ CARDIM DE AGUIAR

Mestrando em Engenharia Ambiental Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Engenheiro Agrícola e Ambiental - UFRPE (2016), Técnico em Saneamento Ambiental - IFPE (2006), experiência em Saneamento Ambiental pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) e Autarquia de Saneamento do Recife (Sanear), trabalho com construção de estradas pela empresa BDM - Engenharia e Consultoria Lda, consultoria ambiental pela Empresa de Projetos Biodinâmicos - Emprobio, estágio na Secretaria de Limpeza Urbana de Jaboatão na área de engenharia, bolsista do programa Pibiti do CNPq na área de conservação e preservação de talude, bolsa de Extensão do projeto Sustenta Caatinga, atualmente pesquisador do Grupo de Gestão Ambiental em Pernambuco - (Gampe). Atuando principalmente nos seguintes temas: Gestão de Resíduos Sólidos, Saneamento ambiental, Gestão ambiental, Conservação de talude, Degradação ambiental e Preservação ambiental.

KARDELAN ARTEIRO DA SILVA

Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (2018). Participou de projetos envolvendo impacto ambiental, tratamento de águas residuárias e educação ambiental.

SORAYA GIOVANETTI EL-DEIR

Professora/orientadora dos Programas de Pós-graduação em: Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco; Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco; Tecnologias Ambientais do Instituto Tecnológico de Pernambuco; Especialização em Gestão de Resíduos Sólidos da Universidade Católica. Pesquisadora líder do Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco (Gampe). Pesquisa sobre: - Gestão e Planejamento Ambientais; Educação para a Sustentabilidade. Revisora de 15 revistas científicas nacionais e internacionais. Publicou: 25 artigos completos em periódicos; 21 livros como autora ou organizadora; 37 capítulos de livros. Organizadora do Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos - Epersol, participe do Scrai - Sustainable Consumption Research and Action Initiative, signatária do Development Sustainable Goals da Organização das Nações Unidas. orcid.org/0000-0002-7187-7438