

Pesquisa, Extensão, Cidadania e Desenvolvimentos Social e Acadêmico-Científico na UFRPE - Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho - UACSA

Volume 02

Organizadores

José Temístocles Ferreira Júnior

Renata Barbosa Vicente

Suzana Ferreira Paulino Domingos

Cecília Maria Mota Silva Lins

Raphael Leite de Andrade Reis

Tereza Raquel Brito de Melo Conde



No mundo acadêmico, o conhecimento deve ser construído a partir das demandas da sociedade, com vistas a conhecer a realidade da comunidade do entorno da instituição de Ensino Superior, neste caso a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA), aceitando a hipótese de que é na relação entre esses atores que o aprendizado ganha significado e relevância social.

Seguindo os trilhos das transformações culturais, sociais, políticas e econômicas em que o Brasil se encontra e que reverberam na necessidade de se desenvolverem, cada dia mais, pesquisas e tecnologias atualizadas, este livro traz um conjunto de capítulos elaborados a partir de atividades frutos de pesquisas e extensões, realizadas por docentes, discentes e técnicos da referida IES, e em colaboração com outras instituições e pesquisadores, abrangendo a formação integral dos indivíduos que cursam as graduações nas Engenharias Civil, Mecânica, Elétrica, Eletrônica e de Materiais. Esperamos que esta obra desperte nos leitores, aprendizes e estudiosos das referidas áreas e áreas afins, o interesse pelo desenvolvimento de pesquisa e extensão em suas trajetórias sociais, acadêmicas e profissionais.

*Profa. Dra. Suzana Ferreira
Paulino Domingos
Universidade Federal Rural
de Pernambuco (UFRPE)*

Pesquisa, Extensão, Cidadania e Desenvolvimentos Social e Acadêmico-Científico na UFRPE - Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho - UACSA

Organizadores

José Temístocles Ferreira Júnior
Renata Barbosa Vicente
Suzana Ferreira Paulino Domingos
Cecília Maria Mota Silva Lins
Raphael Leite de Andrade Reis
Tereza Raquel Brito de Melo Conde

1ª Edição
Volume 2



**Recife
UFRPE
2019**



Prof^a. Maria José de Sena — Reitora

Prof. Marcelo Brito Carneiro Leão — Vice-Reitor

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

P474 Pesquisa, extensão, cidadania e desenvolvimentos social e acadêmico-científico na UFRPE - Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA) / José Temístocles Ferreira Júnior ... [et al.]. - 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2019. v. 2 (247 p.) : il.

E-book: PDF
Inclui bibliografia.
ISBN: 978-85-79463-45-7

1. Tecnologia 2. Desenvolvimento social 3. Educação –
Processamento de dados 4. Comunicação 5. Linguagem e Educação
I. Ferreira Júnior, José Temístocles

CDD 378

PALAVRAS INICIAIS

É com grande satisfação que apresentamos estes dois volumes destinados à publicação de trabalhos desenvolvidos e/ou em andamento na Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho. Embora nova do ponto de vista cronológico, esta Unidade Acadêmica tem se destacado pela qualidade e pela quantidade de trabalhos inseridos nos eixos da pesquisa, do ensino e da extensão, muitos com caráter aplicado e interdisciplinar, desenvolvidos desde sua criação em 2014.2.

Por isso, é oportuno publicizar esses trabalhos. Hoje mais do que nunca, a socialização do conhecimento e de experiências bem-sucedidas no âmbito acadêmico, sobretudo em áreas ligadas às Engenharias, tornou-se uma exigência ética e um compromisso social. A partilha deve ser a mola mestra que alavanca novos saberes e práticas. Os trabalhos reunidos nestes dois volumes provocam reflexões de diferentes natureza sobre o processo de construção do conhecimento e, ao mesmo tempo, dão abertura à realização de novos projetos no ensino superior e/ou em áreas que dialogam com as Engenharias. A leitura é instigante! Convidamos o leitor a passar às próximas páginas e ter contato com teorizações, análises, experiências, projetos e práticas do nosso “*Campus das Engenharias*”.

Esperamos que as contribuições aqui apresentadas fomentem reflexões sobre os temas explorados e que extrapolem os muros acadêmicos! Parabéns a todos nós que fazemos parte da UACSA! Parabéns aos Leitores que impulsionaram os trabalhos aqui apresentados.

Prof.^a Dr.^a Maria José de Sena (Reitora da UFRPE) Prof. Dr. José
Temístocles F. Júnior (Coordenador geral dos cursos de graduação da
UACSA/UFRPE)

PREFÁCIO

Fazer parte da comissão organizadora e escrever o prefácio de uma obra que reúne experiências de sucesso nas práticas pesquisadoras e extensionistas de docentes e discentes da Universidade Federal de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA) é um grande desafio que aceitei com prazer e consciência da grande responsabilidade de apresentar à sociedade os resultados dos trabalhos desenvolvidos, no referido campus. Dessa forma, apresento breves impressões sobre o que se destaca em cada artigo da presente obra. Como educadora e pesquisadora, entusiasmada e agradecida, elaborei o prefácio do livro “Pesquisa, Extensão, Cidadania e Desenvolvimentos Social e Acadêmico-Científico na UFRPE -Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho - UACSA”, volume 2, para compartilhar com os leitores, docentes, discentes, público acadêmico-científico e interessados em geral, sobre uma obra que aborda diferentes temas pelo prisma da inclusão social.

Destaquei aspectos epistemológicos e reflexivos relevantes sobre a obra em questão, tanto para a academia quanto à sociedade, contribuindo para a produção e divulgação científicas brasileiras, na contemporaneidade, e suas interlocuções, com vistas ao desenvolvimento crítico da sociedade. O objetivo da é discutir e repensar práticas da relação sociedade-academia, indústria-academia, promovendo crescimentos e transformações ética, política, sócio-cultural e econômica dos indivíduos. Os pesquisadores desta obra apresentaram suas experiências aqui relatadas nos oferecendo um vislumbre do grau de dificuldade enfrentado pelos autores, como reflexo da sociedade, que persegue a superação dos estreitos limites do desenvolvimento científico e a constituição cidadã.

As abordagens teóricas e metodológicas utilizadas por pesquisadores com formações técnicas especializadas, em diversas áreas, mas que são capazes de superá-las – ainda que sem negá-las – são transformadoras, produzindo, então, interdisciplinarmente. Tratamos, aqui, dos desafios que se colocam para ‘compreender, o que fazer e como abordar’ da academia, em um mundo contemporâneo, com dimensões mais específicas e necessárias, tais como a saúde, a educação, a arte, os processos de ensino-aprendizagem, entre outros. Esses não são, porém, os únicos aspectos instigantes desta obra, uma vez que a mesma contextualiza e aprofunda os conhecimentos e analisa aspectos reais do cotidiano da sociedade.

O texto converge ao pensamento crítico pela variedade e complexidade de facetas que envolvem os desafios, mas também pelas implicações das informações ali contidas, na organização das práticas científicas. Ao apresentar a prática científica humanizada, os autores nos mostram quão inclusivas podem ser as relações entre academia e sociedade. As pesquisas presentes nesse livro nos colocam diante de uma grande lente de aumento, sobre a pesquisa e a extensão acadêmicas, lançando luz sobre o que precisa ser visto por todos que pretendem se aproximar das práticas acadêmicas, melhorando suas condições de vida socioeconomicamente. As inquietações dos autores, diante de complexos problemas e da busca por soluções viáveis nos põem face a face com a realidade.

Profa. Dra. Suzana Ferreira Paulino
Dra. em Letras/Linguística – UFPE/University of
Birmingham-UK
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

APRESENTAÇÃO

O ato de explorar outros significados para a prática pedagógica auxilia na construção coletiva de olhares diferenciados e múltiplos para os processos de ensino e aprendizagem. Diante de tal preocupação, a organização reúne colaborações científicas e práticas de pesquisadores e pesquisadoras atuantes na docência em vários níveis e modalidades de ensino. Evidencia-se que as colaborações somam pensamentos oriundos de pesquisas e práticas pedagógicas já delineadas, além de aplicadas em diversos contextos e perspectivas metodológicas, oportunizando que sua abrangência ultrapasse o obstáculo da teoria e seja desenvolvida no significado e diálogo para a constituição de aprendentes mais ativos, críticos e emancipados.

O primeiro capítulo, intitulado “Influência da Adição de Agente Compatibilizante nas Propriedades de Compósitos PEAD/quitosana” de autoria de Daniela de Lourdes Anjos Coutinho Simões Andrade; Rebecca Stéfani de Freitas Brito; André Luís Simões Andrade; Poliana S. Lima; Eduardo Luís Canedo & Suédina Maria de Lima Silva, demonstra preocupação com a demanda crescente por produtos plásticos ao longo dos anos e o grande volume de resíduos produzidos e descartados em locais inadequados, causando impactos ambientais irreversíveis. O objetivo da pesquisa foi avaliar a influência da adição de um agente compatibilizante nas propriedades de compósitos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD)/quitosana.

O capítulo dois, “Desenvolvimento de Bionanocompósitos Quitosana/argila Para Liberação Controlada do Fármaco Dexametasona”, dos autores Daniela de Lourdes Anjos Coutinho Simões Andrade; Ingrid Mayara M. Fernandes; André Luís Simões

Andrade; Eduardo Luís Canedo & Suédina Maria de Lima Silva, objetiva preparar bionanocompósitos quitosana/argila para serem empregados como dispositivos carreadores de fármacos, especificamente o Dexametasona, possibilitando a redução de valores de produção e tornando as tecnologias apresentadas acessíveis à sociedade, pelo desenvolvimento de dispositivos nacionais.

Já o terceiro capítulo, sob o título “Caracterização de Nanoferritas Mn-Zn Sintetizadas em Grande Escala por Reação de Combustão”, de autoria de Verônica C. de S. Diniz; Ana Cristina F. M. Costa; Ruth H. A. Kiminami & Daniel R. Cornejo, afirma que as ferritas Mn-Zn nanométricas apresentam alta permeabilidade magnética, entre outras, envolvem milhões de dólares/ano com a comercialização e são úteis na tecnologia ferrofluido, nos marcadores biológicos e na ressonância magnética. O capítulo reporta a caracterização microestrutural e magnética de pós do sistema $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$, através do método de síntese de reação de combustão em escala piloto com bateladas de 200g/reação para aplicação como materiais magnéticos moles.

No quarto capítulo, intitulado “Nanocompósitos de Polímeros Condutores com Montmorilonita: Uma Breve Revisão”, Juliana de Castro Macêdo Fonsêca & Rosa Maria Souto Maior argumentam que, após a descoberta de que a inserção de argila em dimensões nanométricas trazia ganhos consideráveis em propriedades mecânicas e térmicas pelo grupo Toyota, essa composição encontrou diversas aplicações comerciais. O capítulo traz uma análise na literatura em relação aos nanocompósitos de polímeros condutores com montmorilonita, observando-se aumentos na condução elétrica e luminescência dos mesmos em comparação aos polímeros puros sintetizados

nas mesmas condições. Os autores propuseram aplicações tecnológicas para esses materiais, com melhorias de propriedades em relação aos nanocompósitos utilizados.

O capítulo 5, “Capacitação para Operadores em uma Indústria de Processamento de Materiais Poliméricos”, de Fernanda da Silva Gomes; Renata Barbosa Vicente & Juliana de Castro Macêdo Fonsêca, descreve os resultados de um curso de capacitação desenvolvido em uma indústria de médio porte de injeção de produtos plásticos situada no complexo de SUAPE, destacando que os profissionais que trabalham na indústria de processamento de materiais poliméricos no entorno do complexo apresentam nível de instrução muito baixo, o que faz com que os mesmos não tenham conhecimento técnico sobre os materiais poliméricos. Destaca-se a educação como um instrumento de superação da crise, reforçando o papel estratégico da educação profissional.

No capítulo 6, “Impacto do Comportamento Transitório de Transformadores para Instrumentos em Algoritmos de Proteção e Localização de Faltas”, Igor Monteiro Bezerra Ulisses & Raphael Leite de Andrade Reis destacam o aumento da demanda de energia elétrica, dos últimos anos devido ao desenvolvimento social e industrial e que os sistemas elétricos de potência têm se tornado mais complexos no intuito de suprir a demanda, acarretando em linhas de transmissão (LT) mais extensas. Os autores versam sobre a maior suscetibilidade dos sistemas de potência a problemas mecânicos, elétricos e térmicos; e alertam para a necessidade do uso de sistemas de proteção, localização e monitoramento contra faltas ou outros fatores que interrompam o fornecimento de energia.

O sétimo capítulo, “Fundamentação Teórica para Tecnologia Solar Térmica por Dupla Reflexão com Uso de Aplanático”, de Emerson Torres Aguiar Gomes; Naum

Fraidenraich; Olga de Castro Vilela & Luiz Homero Câmara Medeiros, apresenta um painel das contribuições teóricas de diferentes autores que situam as mudanças recentes nas sociedades, diante da finitude e da escassez de combustíveis fósseis, somada à crescente demanda pela geração de energia, destacando as fontes alternativas e renováveis, como a energia solar, em pesquisas adêmicas. O aplanático é uma alternativa para formação de imagens com a eliminação da aberração esférica e do coma.

Intitulado “Formador de Feixe para Arranjo de Antenas UHF com Aplicação em Supervisão de Redes Elétricas”, o oitavo capítulo de Elias M. F. de Oliveira; Manuelle R. T. de Oliveira; Bruno G. M. de Oliveira; Marcos T. de Melo; Bruno A. Kleinau; Philippe E. de Medeiros; Wallace M. Bessa; Marcelo A. Savi & Aline S. de Paula, descreve um projeto desenvolvido pela Universidade Federal de Pernambuco, em parceria com a Companhia Energética de PE (CELPE) para projetar e implementar um sistema formador de feixe capaz de integrar-se ao sistema SCADA e controlar, em tempo real, um arranjo de antenas montado e testado no campus da UFPE e instalado na cidade de Gravatá-PE. São apresentadas bases fundamentais de arranjos de antenas, resultados simulados e experimentais.

O objetivo do nono capítulo, intitulado “Utilização da Lógica Fuzzy no Controle Ativo de Vibração de Estruturas Inteligentes”, de Philippe E. de Medeiros, Wallace M. Bessa, Marcelo A. Savi, Aline S. de Paula foi desenvolver um controlador *fuzzy* para controlar os níveis de vibração de uma treliça de von Mises de LMF. Dada a complexidade do modelo para simular o comportamento estrutural, o controlador *fuzzy* utilizado tem como vantagem a obtenção de uma lei de controle mais simples e permite que a sua robustez seja evidenciada.

Já o capítulo 10, chamado “Influência da radiação gama nos teores de Licopeno em tomates”, de autoria de Liderlanio de Almeida Araújo; Edvane Borges da Silva; Lucia Fernanda C. da Costa Leite, Sergio Carvalho de Paiva; Marina Helena Paranhos Gazineu & Yana Batista Brandão, descreve como a radiação ionizante provocou uma diminuição nos teores de licopeno nos tomates. A análise multivariada de Componentes Principais (ACP) mostrou que os tomates verdes foram os que mais sofreram influência da radiação, sendo a dose de 1 kGy mais efetiva na conservação dos tomates; e que a composição dos fatores analisados evoluiu, com o tempo.

No capítulo 11, “Enunciação acadêmica: apontamentos sobre a construção da referencialidade e a organização composicional em produções textuais nas engenharias”, José Temístocles Ferreira Júnior e Arthur Leandro da Silva Marinho descrevem e contextualizam os aspectos da teoria enunciativa na pesquisa em desenvolvimento sobre a produção do gênero textual “resumo científico” em áreas das Engenharias, partindo do princípio de que a atividade humana está sempre relacionada com a utilização da língua, caracterizando as dificuldades de produções textuais apresentadas por alunos de diferentes cursos das Engenharias.

O capítulo 12, “A Linguística Sistêmico-Funcional a Serviço da Análise de Representação da População LGBT” de Iran Ferreira de Melo, apresenta os resultados de uma análise do Sistema de Transitividade como mecanismo de representação de lésbicas, gays, bissexuais e pessoas transgêneras (LGBT) no jornal Folha de S. Paulo, objetivando refletir sobre o potencial representacionista desse recurso gramatical, para compreender como o jornal mais lido do Brasil apresenta esses atores sociais, historicamente marginalizado, de seus

direitos sociais e humanos, a partir das notícias que o periódico publicou sobre a Parada do Orgulho LGBT, verificando, em orações acerca de pessoas caracterizadas pelo jornal como LGBT, como se manifestam os constituintes do Sistema de Transitividade, conforme preconiza a Linguística Sistêmico-Funcional (LSF).

O décimo terceiro capítulo, “Comunicação e Identidade no Atendimento Odontológico a Pacientes Estrangeiros em Língua Inglesa”, de Suzana Ferreira Paulino Domingos, Luiz Henrique Ferreira Lima & Josiane Ferreira Freire, reflete a necessidade e a relevância de os profissionais de saúde terem conhecimento comunicativo em língua inglesa para interagir e acolher pacientes estrangeiros em situação de atendimento ambulatorial e hospitalar, devido ao aumento de atendimentos a pacientes estrangeiros nas clínicas odontológicas e hospitais pernambucanos. O capítulo objetiva verificar a necessidade da língua inglesa no cotidiano acadêmico-profissional da Odontologia.

No último capítulo, “Espiritualidade Organizacional em Instituições Públicas”, Mônica Rodrigues de Andrade Silva & Suzana Ferreira Paulino Domingos defendem que a promoção de práticas que envolvem os funcionários com um trabalho que dê significado para suas vidas, se torna uma das bases para o desenvolvimento da espiritualidade no trabalho. Investigou-se a relação entre Espiritualidade organizacional e Serviço público, na Assembleia Legislativa do Estado de Pernambuco (ALEPE), com o objetivo de identificar a relação entre as práticas de espiritualidade organizacional e seus servidores.

Profa. Dra. Suzana Ferreira Paulino
Dra. em Letras/Linguística - UFPE e University of Birmingham-UK
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

SUMÁRIO

I - Influência da Adição de Agente Compatibilizante nas Propriedades de Compósitos PEAD/quitosana (Daniela de Lourdes A. C. S. Andrade; Rebecca Stéfani de F. Brito; André Luís S. Andrade; Poliana S. Lima; Eduardo Luís Canedo & Suédina Maria de L. Silva).....	14
II - Desenvolvimento de Bionanocompósitos Quitosana/argila Para Liberação Controlada do Fármaco Dexametasona (Daniela de Lourdes A. C. S. Andrade; Ingrid Mayara M. Fernandes; André Luís S. Andrade; Eduardo Luís Canedo & Suédina Maria de L. Silva).....	31
III - Caracterização de Nanoferritas Mn-Zn Sintetizadas em Grande Escala por Reação de Combustão (Verônica C. de S. Diniz; Ana Cristina F. M. Costa; Ruth H. A. Kiminami & Daniel R. Cornejo).....	46
IV - Nanocompósitos de Polímeros Condutores com Montmorilonita: Uma Breve Revisão (Juliana de Castro Macêdo Fonsêca & Rosa Maria Souto Maior).....	62
V - Capacitação para Operadores em uma Indústria de Processamento de Materiais Poliméricos (Fernanda da S. Gomes; Renata B. Vicente & Juliana de C. M. Fonsêca).....	80
VI - Impacto do Comportamento Transitório de Transformadores para Instrumentos em Algoritmos de Proteção e Localização de Falhas (Igor M. B. Ulisses & Raphael L. de A. Reis).....	89
VII - Fundamentação Teórica para Tecnologia Solar Térmica por Dupla Reflexão com Uso de Aplanático (Emerson Torres Aguiar Gomes; Naum Fraidenraich; Olga de Castro Vilela & Luiz Homero C. Medeiros).....	108

VIII - Formador de Feixe para Arranjo de Antenas UHF com Aplicação em Supervisão de Redes Elétricas (Elias M. F. de Oliveira; Manuelle R. T. de Oliveira; Bruno G. M. de Oliveira; Marcos T. de Melo; Bruno A. Kleinau; Philippe E. de Medeiros; Wallace M. Bessa; Marcelo A. Savi & Aline S. de Paula).....	121
IX - Utilização da Lógica Fuzzy no Controle Ativo de Vibração de Estruturas Inteligentes (Philippe E. de Medeiros; Wallace M. Bessa; Marcelo A. Savi e Aline S. de Paula).....	137
X - Influência da radiação gama nos teores de Licopeno em tomates (Liderlanio de Almeida Araújo; Edvane Borges da Silva; Lucia Fernanda C. da C. Leite, Sergio Carvalho de Paiva; Marina Helena P. Gazineu & Yana Batista Brandão).....	155
XI - Enunciação acadêmica: apontamentos sobre a construção da referencialidade e a organização composicional em produções textuais nas engenharias (José Temístocles Ferreira Júnior & Arthur L. da S. Marinho).....	172
XII - A Linguística Sistêmico-Funcional a Serviço da Análise de Representação da População LGBT (Iran Ferreira de Melo).....	186
XIII - Comunicação e Identidade no Atendimento Odontológico a Pacientes Estrangeiros em Língua Inglesa (Suzana Ferreira Paulino Domingos, Luiz Henrique F. Lima & Josiane Ferreira Freire).....	203
XIV - Espiritualidade Organizacional em Instituições Públicas (Mônica Rodrigues de Andrade Silva & Suzana Ferreira Paulino Domingos).....	220

Influência da Adição de Agente Compatibilizante nas Propriedades de Compósitos PEAD/quitosana

Daniela de Lourdes Anjos Coutinho Simões Andrade
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
daniela.lacsandrade@ufrpe.br

Rebecca Stéfani de Freitas Brito
UFCG, Campina Grande, Brasil,
rebeccaeng_mat@hotmail.com

André Luís Simões Andrade
UFCG, Campina Grande, Brasil,
als.andrade@gmail.com

Poliana S. Lima
UFCG, Campina Grande, Brasil,
polianassilva@yahoo.com.br

Eduardo Luís Canedo
UFCG, Campina Grande, Brasil,
ecanedo2004@yahoo.com

Suédina Maria de Lima Silva
UFCG, Campina Grande, Brasil,
suedina.silva@ufcg.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A demanda crescente por produtos plásticos ao longo dos anos vem produzindo grande volume de resíduos, os quais são descartados indiscriminadamente, em lixões, aterros e oceanos, causando impactos ambientais, muitas vezes, irreversíveis. Além disso, em termos mercadológicos, é possível observar mudanças no perfil do consumidor que passou a ter como uma de suas

principais preocupações e exigências, a utilização de embalagens tidas como ecologicamente corretas. Diante desses fatores e na busca de atender a essas exigências do mercado/consumidor, as indústrias, juntamente com os centros de pesquisa, estudam novos tipos de matéria-prima que não sejam apenas degradáveis, mas, também, biodegradáveis (GONÇALVES *et al.* 2008; SANTOS, 2011).

Uma alternativa viável e que vem sendo bastante estudada é a substituição total ou parcial dos polímeros sintéticos, derivados do petróleo e que apresentam elevada resistência à degradação, por polímeros biodegradáveis – biopolímeros (SINGH *et al.*, 2007; SORRENTINO *et al.*, 2007; KUMAR *et al.*, 2010; FARIA e MARTINS-FRANCHETTI, 2010; GONZÁLEZ *et al.* 2011). A produção de compósitos poliméricos de matriz sintética, carregados com fibras naturais é uma das rotas mais simples e econômicas para a produção dos biopolímeros. Essas misturas apresentam um grande potencial e têm sido estudadas com o objetivo de obter embalagens plásticas biodegradáveis, que possam se desintegrar em compostos menores.

Mesmo que não seja totalmente biodegradável, o processo de “quebra” reduz o impacto ambiental gerado (DEL NOBILE *et al.*, 2009; AMRI, HUSSEINSYAH e HUSSIN, 2011). Tal abordagem já vem sendo adotada por alguns pesquisadores, empregando cargas como a casca de arroz, o óleo de palma, o amido e a quitina, em substituição ao talco, às argilas e as fibras sintéticas (ISMAIL, SHAARI e OTHMAN, 2011).

Dentre as fibras naturais, existentes e empregadas como carga, uma das que vem se destacando é a quitosana, conhecida por na sua forma sólida ser um polímero natural, biodegradável e biocompatível e por apresentar

boas propriedades mecânicas e térmicas. A quitosana é a segunda fibra natural mais abundante no mundo depois da celulose, sendo obtida pela reação termoquímica alcalina de desacetilação parcial da quitina. Ela está presente na maior fração dos exoesqueletos de crustáceos, tais como, caranguejo, camarão e lagosta (SALMAH e AZIEYANTI, 2011; AMRI et al., 2013; REESHA et al. 2015; WANG et al., 2015).

A principal desvantagem na preparação de compósitos polímeros sintéticos/quitosana é a baixa compatibilidade e adesão entre as fases, como resultado da natureza hidrofóbica da matriz e hidrofílica da carga (SILVA, 2013). Como resultado, os compósitos obtidos apresentam baixos valores de propriedades, especialmente mecânicas. A fim de melhorar essa interação e, conseqüentemente, aumentar propriedades mecânicas dos compósitos, agentes compatibilizantes podem ser empregados. Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a influência da adição de um agente compatibilizante nas propriedades de compósitos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD)/quitosana.

2 METODOLOGIA

2.1 Materiais

Polietileno de alta densidade - PEAD JV060U (IF = 7 g/10 min a 190 °C/2,16 Kg e densidade de 0,957 g/cm³), fornecido pela Braskem/Brasil. Quitosana (Q), fornecida pela Polymar, Fortaleza/CE (GD de 95,0%). Polietileno modificado com anidrido maléico (PE-g-MA), com 1% em massa de MA - Polybond[®]3009 (IF = 5g/10 min a 190° C/2,16 Kg), compatibilizante fornecido pela Chemtura do Brasil.

2.2 Métodos

Compósitos de PEAD/quitosana, sem e com compatibilizante, foram preparados em um misturador interno do reômetro de torque Haake Rheomix 3000QC da PolyLab QC, operando com rotores do tipo roller (Temperatura de 180°C/velocidade dos rotores de 60 rpm). Antes da etapa de mistura, o compatibilizante e a quitosana foram secos (80 °C/24 h). O PEAD foi carregado, primeiro, para iniciar a mistura por fusão. Passados 6 min, a quitosana foi adicionada; a mistura continuou por mais 4 min até completar um tempo total de processamento de 10 min. A adição do PE-g-MA, para os compósitos compatibilizados, foi realizada juntamente com o PEAD. As composições obtidas foram resfriadas à temperatura ambiente, trituradas e em seguida moldadas por compressão na forma de corpo de prova de tração (ASTM D 638 - Tipo IV) e impacto (ASTM D 256) em prensa hidráulica aquecida eletricamente (T = 180 °C e P = 6,25 kgf/cm²). O cálculo das composições foi feito com base no fator de enchimento do misturador de acordo com as Equações (1-4). Na Tabela 1, estão apresentadas as composições das amostras obtidas.

$$x_a = \frac{a}{a+b+q} \quad , \quad x_b = \frac{b}{a+b+q} \quad , \quad x_q = \frac{q}{a+b+q} \quad (1)$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{x_a}{\rho_a} + \frac{x_b}{\rho_b} + \frac{x_q}{\rho_q} \quad (2)$$

$$m = \rho fV_F \quad (3)$$

$$m_a = x_a m \quad , \quad m_b = x_b m \quad , \quad m_q = x_q m \quad (4)$$

Onde:

a, b, q	proporções (em massa) dos componentes (PEAD, PE-g-MA, Quitosana) ¹ .
xa, xb, xq	frações mássicas dos componentes na batelada
$\rho a, \rho b, \rho q$	densidades dos componentes puros à temperatura de processamento ($\rho a = \rho b = 0,76 \text{ g/cm}^3, \rho q = 1,38 \text{ g/cm}^3$)
ρ	densidade da mistura à temperatura de processamento
f	fator de enchimento ($f = 0,9$)
V_F	volume livre da câmara de processamento ($V_F = 310 \text{ cm}^3$)
m	massa da batelada
ma, mb, mq	massa de cada componente na batelada

Tabela 1 - Composição (% em massa) e codificação das amostras.

Amostra	Proporção PEAD/Q/C (%)	Codificação PEAD/Q ¹	Codificação PEAD/Q/C ²
PEAD	100/0	PEAD	PEAD
	95/5/5	PEAD/Q5	PEAD/QC5
	90/10/10	PEAD/Q10	PEAD/QC10
PEAD/quitosana	85/15/15	PEAD/Q15	PEAD/QC15
	80/20/20	PEAD/Q20	PEAD/QC20
	75/25/25	PEAD/Q25	PEAD/QC25

¹ Dado diferente para cada componente.

¹ PEAD/Q = Polietileno de Alta Densidade/Quitosana

² PEAD/Q/C = Polietileno de Alta Densidade/Quitosana/Compatibilizante

Fonte: Autores da pesquisa (2018)

2.3 Caracterização

2.3.1 Reometria de Torque

As medidas reológicas foram determinadas através das curvas de torque e temperatura versus o tempo, obtidas no misturador interno.

2.3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A microestrutura das amostras foi avaliada em um microscópio eletrônico de varredura SuperScan SS X550 da Shimadzu. Esta análise foi realizada na área transversal das amostras criogenicamente fraturadas em nitrogênio e recobertas com ouro, empregando um metalizador Sanyu electron modelo Quick Coater SC-701.

2.3.3 Análise Termogravimétrica (TG)

As análises termogravimétricas foram realizadas em equipamento SHIMADZU TGA S1HA a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min sob atmosfera de nitrogênio (fluxo 50 mL/min). As curvas foram registradas em uma faixa de temperatura de 30 a 900 °C, empregando 4 mg das amostras.

2.3.4 Propriedades Mecânicas

Os ensaios mecânicos foram conduzidos de acordo com a norma ASTM D 638 ($T_{amb.}$), em equipamento LR 10K LLOYD *Instruments*, operando a uma velocidade de 10 mm/min e célula de carga de 20 N. Foram testados 5 corpos-de-prova de cada composição.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a curva de torque em função do tempo de mistura do PEAD, do PEAD/Q e do PEAD/QC. A Figura 2 mostra a temperatura em função do tempo para os mesmos testes. A partir das curvas de torque e temperatura, foram analisadas a processabilidade e estabilidade térmica do material. Em todos os casos, observa-se o aumento do torque, depois da adição de quitosana, atribuído ao incremento da viscosidade do compósito em relação à matriz. Entretanto, não se observam indícios de degradação no tempo de processamento empregado, mostrando a estabilidade dos compósitos obtidos. Resultado semelhante foi observado por Silva (2013).

Figura 1. Torque versus tempo de processamento: (a) PEAD e compósitos de PEAD/quitosana; (b) PEAD e compósitos de PEAD/quitosana/compatibilizados.

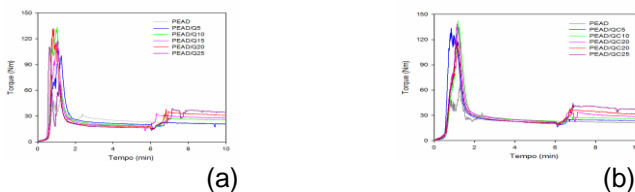
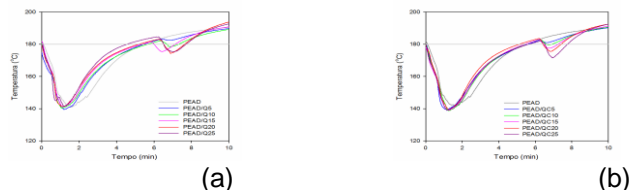


Figura 2. Temperatura versus tempo de processamento: (a) PEAD e compósitos de PEAD/quitosana; (b) PEAD e compósitos de PEAD/quitosana compatibilizados.



Visando a estudar a influência do teor de quitosana e compatibilizante nos compósitos, o torque final foi

corrigido à temperatura de referência $T^*=180\text{ }^\circ\text{C}$, avaliado a partir do torque médio reportado pelo software do equipamento no intervalo de 9 a 10 min de processamento de acordo com a Equação 5 (RAUWENDAAL, 2001).

$$Z^* = \bar{Z} \exp\{\beta(\bar{T} - T^*)\} \quad (5)$$

Onde: Z^* é o torque corrigido, \bar{Z} é o torque médio, \bar{T} é a temperatura média, $\beta = 0,02\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ é o coeficiente de temperatura da viscosidade para PEAD. Os resultados estão apresentados nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Torque-Temperatura, valores médios no intervalo 9-10 min (PEAD/Quitosana)

w_Q nominal (%)	T ($^\circ\text{C}$)	Z (Nm)	Z^* (Nm)
5	$189,0 \pm 0,5$	$20,8 \pm 0,8$	24,9
10	$188,2 \pm 0,6$	$25,9 \pm 0,1$	30,5
15	$189,9 \pm 0,6$	$28,0 \pm 0,2$	34,1
20	$192,0 \pm 1,1$	$31,3 \pm 0,4$	39,8
25	$191,1 \pm 1,0$	$35,0 \pm 0,4$	43,7

Fonte: Autores da pesquisa (2018)

Tabela 3 - Torque-Temperatura, valores médios no intervalo 9-10 min (PEAD/quitosana/compatibilizante)

w_Q nominal (%)	T ($^\circ\text{C}$)	Z (Nm)	Z^* (Nm)
0	$189,3 \pm 0,3$	$21,4 \pm 0,1$	25,8
5	$189,4 \pm 0,5$	$23,9 \pm 0,1$	28,8
10	$189,7 \pm 0,6$	$26,3 \pm 0,1$	31,9
15	$190,1 \pm 0,7$	$28,9 \pm 0,3$	35,4
20	$191,3 \pm 0,7$	$32,0 \pm 0,3$	40,1
25	$191,0 \pm 0,9$	$37,2 \pm 0,9$	46,4

Fonte: Autores da pesquisa (2018)

Os testes realizados com matriz (PEAD ou blendas miscíveis de PEAD/PE-g-MA) resultaram em o valor de torque final corrigido para:

$$Z_0 = 23,6 \pm 3,2 \text{ Nm}$$

A fração volumétrica de quitosana nos compósitos foi avaliada pela Equação 6:

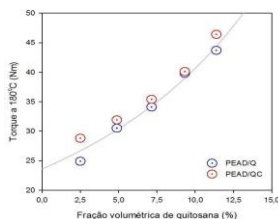
$$\phi = \left(1 + \frac{1-w}{w} \cdot \frac{\rho_Q}{\rho_P} \right)^{-1} \quad (6)$$

Onde: w é fração mássica de quitosana, ρ_Q é densidade da quitosana ($1,48 \text{ g/cm}^3$), ρ_P é densidade do polímero a temperatura de processamento ($0,76 \text{ g/cm}^3$). A Figura 3 ilustra o torque corrigido para os compósitos em função da fração volumétrica de carga. Os resultados foram correlacionados pelo modelo de Maron-Pierce (equação 7), com o parâmetro ϕ_m é 0,42 (MARON e PIERCE, 1956).

$$Z^* = Z_0 \left(1 - \frac{\phi}{\phi_m} \right)^{-2} \quad (7)$$

O fato de que os resultados experimentais para os sistemas não compatibilizados sejam modelados satisfatoriamente pelo modelo de Maron-Pierce sugerem que nesse caso não existem interações específicas entre o polímero e a carga. As pequenas discrepâncias entre os resultados para o sistema de compósitos compatibilizados e o modelo poderiam ser causadas por interações (carga/matriz) ocasionadas pela presença do agente compatibilizante.

Figura 3 - Torque final corrigido versus fração volumétrica de quitosana (Compósitos PEAD/Q e PEAD/QC).

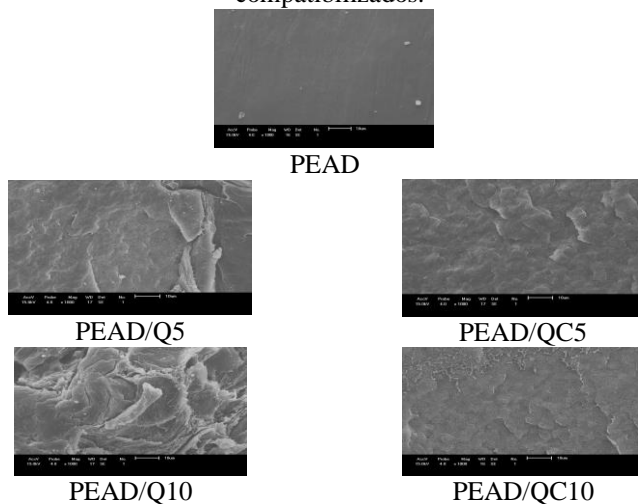


Fonte: Autores da pesquisa (2018)

Em função da impossibilidade da moldagem de corpos de prova adequados para realização dos ensaios mecânicos e subsequentes, as composições contendo os teores de carga de 5% (PEAD/Q5 e PEAD/QC5) e 10% (PEAD/Q10 e PEAD/QC10) foram escolhidas para dar prosseguimento ao estudo. A Figura 4 apresenta as microscopias eletrônicas de varredura da área superficial do PEAD e dos compósitos de PEAD/ quitosana, não compatibilizados e compatibilizados, com um aumento de 1000X.

Na micrografia do PEAD é possível observar pequenas partículas, possíveis impurezas provenientes dos equipamentos de processamento. Nas micrografias dos compósitos não compatibilizados é possível observar a presença de pequenas partículas as quais podem ser atribuídas à carga (quitosana), especialmente quando 10% desta foi empregada. Para os compósitos compatibilizados essas partículas não estão presentes, é possível observar ao longo das imagens uma superfície lisa e uniforme. Esses resultados sugerem que o agente compatibilizante foi eficiente em reduzir o tamanho de partículas da carga e em promover interações carga/matriz.

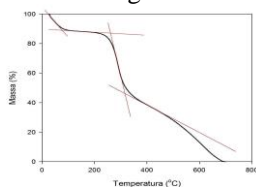
Figura 4. MEV's do PEAD e dos compósitos não compatibilizados e compatibilizados.



Fonte: Autores da pesquisa (2018)

Na Figura 5, está apresentada a curva termogravimétrica da quitosana, na qual se observa que a degradação desta ocorre em três etapas: a primeira etapa ocorre na faixa de 30-200 °C e está associada à perda de água; a segunda, na faixa de 200-450 °C, correspondente à degradação e desacetilação da quitosana e a terceira, e última, perda se iniciou em torno de 360°C, apresentando temperatura de decomposição máxima a 690°C associada à degradação oxidativa dos resíduos carbonáceos formados durante a segunda etapa (CHAVES *et al.* 2009).

Figura 5. Análise Termogravimétrica da quitosana



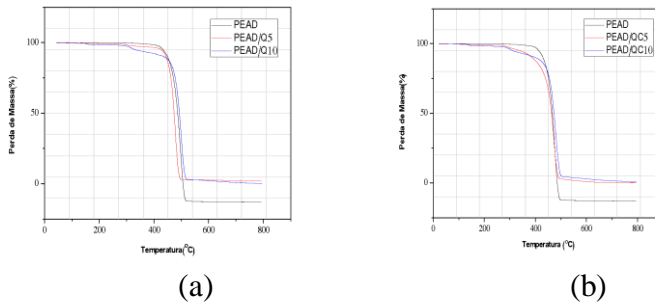
Fonte: Autores da pesquisa (2018)

Na Figura 6, estão apresentadas as curvas termogravimétricas para o PEAD e os compósitos não compatibilizados e compatibilizados, curvas (a) e (b), respectivamente. Como era de se esperar, sob uma atmosfera de fluxo de nitrogênio, a degradação do PEAD puro ocorreu em uma única etapa, entre 300° e 600°, que corresponde à ruptura termolítica das macromoleculares do polímero. Resultados semelhantes foram obtidos por Kurek *et. al.* (2012) e Santos (2013). Os compósitos de PEAD/quitosana apresentaram, pelo menos, duas etapas de decomposição significativas. A primeira, na faixa de 200-450 °C, em temperaturas um pouco inferiores que a decomposição inicial da quitosana pura e correspondente à degradação e desacetilação desta no compósito. Como era de se esperar, a perda de massa neste estágio é proporcional ao conteúdo de quitosana na amostra. A segunda etapa se dá entre 450-550 °C com a decomposição da matriz e perda total da amostra. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos (2013) em estudo anterior. O que se pode observar, também, é que com a adição da quitosana a estabilidade térmica do compósito diminuiu. A decomposição inicial da quitosana é pouco afetada pela presença da matriz. Porém, a decomposição final da quitosana acontece a menores temperaturas nas misturas, em que é mascarada, talvez pela decomposição da própria matriz de PEAD.

As curvas termogravimétricas dos compósitos compatibilizados (figura 6b) apresentaram comportamento semelhante às dos não compatibilizados (figura 6a), com exceção do compósito compatibilizado contendo 5% de quitosana (PEAD/QC5) que apresentou perda de massa em temperatura inferior ao compósito de mesma composição não compatibilizado (PEAD/Q5), indicando uma menor estabilidade térmica deste. A temperatura

máxima de processamento dos compósitos está limitada pelo início da decomposição da quitosana a menos que 250°C.

Figura 6. Análise Termogravimétrica do PEAD e dos compósitos não compatibilizados (a) e compatibilizados (b).



Fonte: Autores da pesquisa (2018)

A tabela 4 apresenta as propriedades mecânicas em ensaios de módulo elástico, resistência à tração e alongamento na ruptura do PEAD e das misturas PEAD/Q e PEAD/QC. A obtenção de misturas imiscíveis afetou diretamente os resultados de propriedades mecânicas. Observa-se que o módulo elástico não foi alterado, significativamente, pela adição de quitosana com ou sem compatibilizante, $E=1173 \pm 69$ MPa (incerteza dos valores do módulo é da ordem de $\pm 10\%$, enquanto a variação entre as médias para as diferentes formulações foi de 5,8%). A resistência à tração diminuiu moderadamente com a adição da quitosana, (7% PEAD/Q5 e 26% PEAD/Q10), mas o compatibilizante melhorou significativamente (13% PEAD/Q5 e 29% PEAD/Q10) o parâmetro.

Tabela 4 - Propriedades Mecânicas do PEAD dos compósitos PEAD/Q

Amostra	Módulo elástico (MPa)	Resistência à tração (MPa)	Alongamento na ruptura (%)
PEAD	1140 ± 146	19,5 ± 0,8	545 ± 60
PEAD/Q5	1280 ± 152	18,2 ± 1,1	4,0 ± 3,2
PEAD/QC5	1184 ± 124	20,6 ± 1,5	1,4 ± 0,6
PEAD/Q10	1092 ± 134	14,3 ± 0,9	6,0 ± 0,0
PEAD/QC10	1170 ± 69	18,5 ± 0,5	1,7 ± 0,4

Fonte: Autores da pesquisa (2018)

Quanto ao alongamento na ruptura, observa-se uma redução significativa atribuída à restrição dos movimentos da cadeia da matriz de PEAD em presença da quitosana para valores menores que 10%, a presença do compatibilizante reduziu ainda mais o alongamento, uma diminuição de 65% a 72%, de acordo com o teor de quitosana.

3 CONCLUSÃO

Ao fim desta pesquisa, ficou evidenciado que foi possível misturar quitosana em diferentes teores (5%, 10%, 15%, 20% e 25%) com polietileno de alta densidade (PEAD) para obtenção de compósitos por fusão, com boa estabilidade térmica durante o processamento. A adição do polietileno grafiteado com anidrido maleico (PE-g-Ma) proporcionou uma melhor interação nos compósitos de polietileno de alta densidade e quitosana, o que ficou evidenciado nas análises de microscopia eletrônica de

varredura. Com relação às propriedades mecânicas, observou-se a redução do alongamento na ruptura e uma tendência de aumento da resistência à tração, com relação ao módulo elástico não ocorreram mudanças significativas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PIBIC/CNPq/UFCG e à CAPES pela concessão da bolsa e financiamento do projeto, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- AMRI, F.; HUSSEINSYAH, S.; HUSSIN, K. (2013). Mechanical, morphological and thermal properties of chitosan filled polypropylene composites: The effect of binary modifying agents. *Composites Part A*, v. 46. p. 89-95.
- BECKER, D. et al. (2011). Influência da Sequência de Mistura do PP-MA nas Propriedades dos Compósitos de PP e Fibra de Bananeira. *Polímeros Ciência e Tecnologia*, v. 21, n. 1, p. 7-12.
- CANEDO, E.L. (2013). *Comunicação Pessoal*. Curso sobre misturadores interno de laboratório realizado na UFCG.
- COUTINHO, F.M.; MELLO, I.L.; DE SANTA MARIA, L. (2003). Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. *Polímeros Ciência e Tecnologia*, v. 13, n. 1, p. 1-13. ISSN 0104-1428.
- DEL NOBILE, M.A.; CONTE, A.; Buonocore, G. G.; incoronato, A. L., Massaro e Panza, O. (2009). Active packaging by extrusion processing of recyclable and biodegradable polymers. *Journal of Food Engineering*, v.93, n.1, p. 1–6.
- FARIA, A.U.; MARTINS-FRANCHETTI, S. M. (2010). Biodegradação de Filmes de Polipropileno (PP), Poli(3-hidroxitirato) (PHB) e Blenda de PP/PHB por Microrganismos das Águas do Rio Atibaia. *Polímeros Ciência e Tecnologia*, v. 20, n. 2, p. 141-147.
- GONÇALVES, A.A.; PASSOS, M.G., BIEDRZYCKI, A. (2008). Percepção do consumidor com relação à embalagem de alimentos: tendências. *Estudos Tecnológicos*, v. 4, n° 3: 271-283.
- _____.; STRUMIA, M.C.; IGARZABAL, C.I.A. (2011). Cross-

linked soy protein as material for biodegradable films: Synthesis, characterization and biodegradation. *Journal of Food Engineering* 106, p. 331–338.

HUSSEINSYAH, S.; AMRI, F.; HUSIN, K.; ISMAIL, H. (2011). Mechanical and Thermal Properties of Chitosan-Filled Polypropylene Composites: The Effect of Acrylic Acid. *Journal of Vinyl & Additive Technology*. DOI 10.1002/vnl.20268.

ISMAIL, H.; SHAARI, S.; OTHMAN, N. (2011). The effect of chitosan loading on the curing characteristics, mechanical and morphological properties of chitosan-filled natural rubber (NR), epoxidised natural rubber (ENR) and styrene-butadiene rubber (SBR) compounds. *Polymer Testing*, v. 30, n. 7, p. 784-790.

KUMAR, M.; MOHANTY, S.; NAYAK, S.K.; PARVAIZ, M.R. (2010). Effect of glycidyl methacrylate (GMA) on the thermal, mechanical and morphological property of biodegradable PLA/PBAT blend and its nanocomposites. *Bioresource Technology*, v. 101, n.21, p. 8406-8415.

MARON, S.H., PIERCE, P.E. (1956). Application Ree-Eyring generalized flow theory to suspensions of spherical particles. *J. Colloid Sci.* 11, 80-95.

QUIROZ-CASTILLO, J. et al. (2014). Preparation of extruded polyethylene/chitosan blends compatibilized with polyethylene-graft-maleic anhydride. *Carbohydrate polymers*, v. 101, p. 1094-1100. ISSN 0144-8617.

RAUWENDAAL, C. (2001). *Polymer Extrusion*, ed. 4, p.206, editora Carl Hanser, Munich.

REESHA, K. PANDA, S.K., BINDU, J., e VARGHESE, T. O. (2015). Development and characterization of an LDPE/chitosan composite antimicrobial film for chilled fish storage. *International journal of biological macromolecules*, 79, 934-942.

ROSA, D.S. et al. (2003). The biodegradation of poly-b-(hydroxybutyrate), poly-b-(hydroxybutyrate-co-bvalerate) and poly(e-caprolactone) in compost derived from municipal solid waste. *European Polymer Journal*, v. 39, p. 233-237.

SALMAH, H.; AZIEYANTI, A. (2011). Properties of recycled polyethylene/chitosan composites: the effect of polyethylene-graft-maleic anhydride. *Journal of reinforced plastics and composites*, v. 30, n. 3, p. 195-202. ISSN 0731-6844.

SANTOS, E. R.; BASTOS, D.C.; PEREIRA, P. S. C. (2013). Avaliação de compósitos de polietileno de alta densidade com fibras de cana de açúcar modificadas. Florianópolis.

SANTOS, P. S. (2013). *Desenvolvimento de compósitos PEAD utilizando como carga um polímero biodegradável: quitosana*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais. Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, PB, 76f.

SILVA, H.S.R.C.; SANTOS, K.S.C.R.; FERREIRA, E.I. (2006). Quitosana: Derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. *Química Nova*, v. 29, n.4, p. 776 -785.

SINGH, J.; KAUR, L.; MCCARTHY, O.J. (2007). Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications-A review. *Food Hydrocolloids*, v. 21, n.1, p.1-22.

SORRENTINO, A.; GORRASI, G.; VITTORIA, V. (2007). Potential perspectives of bionanocomposites for food packaging applications. *Trends Food Sci. Technol*, v.18, n. 2, p.84-95.

SUNILKUMAR, M.; FRANCIS, T.; THACHIL, E. B.; SUJITH, A. (2012). Low density polyethylene-chitosan composites: A study based on biodegradation. *Chemical Engineering Journal*, v.204, p.114-124.

TADMOR, Z.; GOGOS, C. (2006). *Principles of Polymer Processing*, 2. ed., Editora Wiley-Interscience, New York.

WANG, H. S., CHEN, D., e CHUAI, C. Z. (2015). Mechanical and Barrier Properties of LLDPE/Chitosan Blown Films for Packaging. *Packaging Technology and Science*, 28(10), 915-923.

Desenvolvimento de Bionanocompósitos Quitosana/argila Para Liberação Controlada do Fármaco Dexametasona

Daniela de Lourdes Anjos Coutinho Simões Andrade
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
daniela.lacsandrade@ufrpe.br

Ingrid Mayara M. Fernandes
UFCG, Campina Grande, Brasil
ingridmayara_mf@hotmail.com

André Luís Simões Andrade
UFCG, Campina Grande, Brasil
als.andrade@gmail.com

Eduardo Luís Canedo
UFCG, Campina Grande, Brasil
ecanedo2004@yahoo.com

Suédina Maria de Lima Silva
UFCG, Campina Grande, Brasil
suedina.silva@ufcg.edu.br

1 INTRODUÇÃO

Bionanocompósitos são materiais híbridos compostos por espécies de origem natural, os biopolímeros, e sólidos inorgânicos, interagindo em escala nanométrica. A combinação desses constituintes tem resultado em materiais com excelentes propriedades mecânicas, térmicas e de barreira a gases e líquidos, típicas dos nanocompósitos de polímeros sintéticos (PONGJANYAKUL e SUKSRI, 2009; FUTALAN *et al.*, 2011), mas com o caráter intrínseco de biocompatibilidade e biodegradabilidade dos biopolímeros (HAN *et al.*, 2010).

Na Biomedicina, os bionanocompósitos podem ser

empregados na produção de dispositivos eletroquímicos, sensores e biossensores, implantes e, especialmente, em sistemas liberadores de fármacos (BORDES *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2012; ELSABEE e ABDEEN, 2013; ONNAINTY *et al.*, 2016). Dentre os biopolímeros, os mais estudados são o poli (ácido lático), a policaprolactona, o poli (ácido glicólico) e a quitosana (VISERAS *et al.*, 2010; YANG *et al.*, 2014; KEVADIYA, RAJKUMAR e BAJAJ, 2015, LI *et al.*, 2016) e os nanotubos de carbono e as argilas (silicato em camadas-montmorilonita) as cargas mais investigadas (CAMPBELL, CRAIG e MCNALLY, 2014; JIANG, CAI e LI, 2017).

A tecnologia de dispositivos carreadores de fármacos ainda é inacessível à maior parte da população, especialmente a de baixo poder aquisitivo, e, muitas vezes, o seu elevado custo não justifica o alto investimento em determinadas doenças (ROSSI-BERGMANN; 2008)². Entretanto, a utilização de biopolímeros de baixo custo como a quitosana pode ser uma alternativa viável para o desenvolvimento desses sistemas barateando-os (DASH *et al.*, 2011; SALCEDO *et al.*, 2012; YANG *et al.*, 2014; SALCEDO *et al.*, 2014; JIANG, CAI e LI, 2017). A literatura especializada dispõe de pouquíssimos trabalhos relacionados à liberação do Dexametasona (fármaco glucocorticóide sintético com propriedades anti-inflamatórias e imunossupressoras, adotado neste estudo) tendo como material base dos dispositivos a quitosana pura (RODRIGUES *et al.*, 2009; NAFICY *et al.* 2009;

² Em 2014, chegou ao Brasil o Ozurdex→ um implante capaz de liberar o DXM durante aproximadamente 6 meses sem nova aplicação e utilizado para combater a perda de visão entre pacientes diabéticos. Entretanto, é uma tecnologia de alto custo (cada aplicação do Ozurdex custa R\$ 3.267,94) o qual não é coberto por planos de saúde e que não há previsão de chegada ao SUS, ou seja, que não está acessível à comunidade de baixa renda (Oliveira, M. - Folha de São Paulo, 2014).

DUARTE, MANO e REIS, 2009; CHIANG *et al.*, 2012; HU, SU e WU, 2013) ou associada com argila (AGUZZI *et al.*, 2010; NANDA, SASMAL e NAYAK, 2011; ABDEEN e SALAHUDDIN, 2013; KEVADIYA, RAJKUMA e BAJAY, 2015). Vislumbrando a possibilidade de reduzir valores de produção e tornar essas tecnologias acessíveis à sociedade, em geral, mediante o desenvolvimento de dispositivos nacionais, o objetivo deste trabalho foi preparar bionanocompósitos quitosana/argila para serem empregados como dispositivos carreadores de fármacos, especificamente o Dexametasona.

2 METODOLOGIA

2.1 Materiais

Quitosana (Q) na forma de pó adquirida com a Polymar (Fortaleza, CE, Brasil), utilizada sem purificação. A quitosana foi obtida a partir da desacetilação da quitina (YANG *et al.* 2014), principal componente da casca de crustáceos, com grau de desacetilação final de 92%. Montmorilonita sódica comercial (Cloisite[®] Na⁺), codificada de CL, CTC de 0,90 meq/g e fornecida pela *Southern Clay Products* (GONZALEZ, TX, USA). Ácido acético glacial P.A (99,9%) e hidróxido de sódio, adquirido com a Cidalab (Campina Grande, PB, Brasil). Dexametasona (C₂₂H₂₉FO₅), codificado de DXM, grau de pureza de 98%. Etanol e solução tampão fosfato, fornecidos pela Sigma – Aldrich (São Paulo, SP, Brasil).

2.2 Métodos

2.2.1 Preparação dos filmes de quitosana

Os biofilmes de quitosana (Q) foram preparados,

seguindo o método de Darder et al. (2005): inicialmente, 1 g de quitosana foi dissolvida em 100 ml de uma solução a 1% (v/v) de ácido acético sob agitação magnética (45 °C/2 h). A solução resultante foi filtrada para remoção do material insolúvel, em seguida vertida em placas de teflon e deixada à temperatura ambiente (T_{amb}) até completar a evaporação do solvente (formação dos biofilmes). Por fim, os biofilmes passaram por uma etapa de neutralização dos resíduos ácidos que consistiu na imersão destes em uma solução de hidróxido de sódio (1 M/30 min), seguida de lavagem com água destilada até pH neutro e secagem (T_{amb}).

2.2.2 Preparação dos filmes de quitosana/argila

Para a preparação dos biofilmes dos bionanocompósitos, foi feito, inicialmente, o ajuste do pH (para 4,9) da solução de quitosana (obtida no item anterior) pela adição de hidróxido de sódio (1 M), sob agitação, com a finalidade de promover grupos amina protonados ($-NH^{3+}$) na estrutura da quitosana. Paralelamente, dispersões de argila/água destilada foram preparadas na concentração de 1% sob agitação mecânica (50 °C/30 min). A solução de quitosana foi adicionada às dispersões da argila, visando obter biofilmes de quitosana/argila com 10% e 20% em massa de argila. As misturas foram mantidas sob agitação mecânica (1200 rpm/50 °C/4:30 h) e, posteriormente, vertidas em placas teflon até a evaporação do solvente e, conseqüente, formação dos biofilmes (T_{amb}). Por fim, os biofilmes passaram pelas etapas de neutralização, lavagem e secagem. Os filmes de quitosana/argila (na proporção de 5:1 e 10:1) foram codificados de QCL51 e QCL10, respectivamente.

2.2.3 Preparação dos filmes de quitosana e quitosana/argila carregados com Dexametasona

Os biofilmes de quitosana e quitosana/argila carregados com Dexametasona (DXM), a uma concentração de 10% em relação à massa de quitosana, foram preparados a partir da adição do DXM às soluções de quitosana e quitosana/argila, obtidas nos itens anteriores. As soluções permaneceram sob agitação magnética por 24h, após inserção do fármaco e em seguida foram vertidas em placas de Teflon para evaporação do solvente (T_{amb}) e formação dos biofilmes carregados. Os biofilmes de quitosana e quitosana/argila (na proporção de 5:1 e 10:1) carregados com Dexametasona foram codificados de QDXM, QCL51DXM e QCL10DXM, respectivamente.

2.3 Caracterização

A argila montmorilonita e o Dexametasona foram caracterizados por difratometria de raios X (DRX). Os filmes de quitosana e quitosana/argila, não carregados e carregados com Dexametasona, foram caracterizados por DRX e por espectroscopia na região do visível (UV-vis). Os padrões de DRX das amostras foram obtidos usando um equipamento Shimadzu XDR 7000 a 40 kV e 30 mA, com comprimento de onda $\lambda_{CuK\alpha} = 1,5418 \text{ \AA}$, em intervalos de 2θ de 2,0 até 12,0° e de 2,0 a 25,0° para os insumos e os filmes, respectivamente, velocidade de varredura de 2°/min.

O estudo da liberação do Dexametasona, *in vitro*, incorporado ao filme de quitosana pura e quitosana/montmorilonita na proporção de 5:1 e 10:1 foi adaptado de estudos realizados por Depan et al. (2009). A

concentração de Dexametasona liberada dos filmes de quitosana (Q) e quitosana/argila (QCL51 e QCL101), em solução tampão fosfato - PBS 0,1 M (pH 7,2), que simula o ambiente gastrointestinal, foi determinada por medida direta da absorvância a 292 nm, em espectrofotômetro UV-Vis da Perkim Elmer modelo Lambda 35. Cada filme foi imerso em 50 mL de PBS, utilizada como meio de diluição, e mantidos em contínua agitação (100 rpm) a temperatura de 37 °C em uma incubadora Shake modelo IKA-KS4000i.

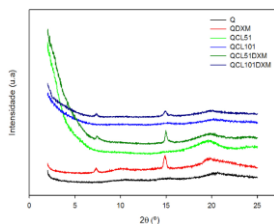
Para avaliar o percentual de Dexametasona liberado nos filmes, uma alíquota de, aproximadamente, 3 ml desse sistema foi retirada após intervalos de tempos pré-determinados que totalizaram uma análise com duração de 80 horas e analisadas no UV-vis. Após a retirada de cada alíquota para ser quantificada, a mesma era repostada a sua solução de origem.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Difratomia de Raios X (DRX)

Os ensaios de difração de raios X foram realizados com o intuito de avaliar a cristalinidade das formulações obtidas, e interação entre os compostos. A figura 1 apresenta o difratograma de raios x dos biofilmes de quitosana (Q), quitosana/Dexametasona (QDXM), quitosana/cloisite nas proporções de 5:1(QCL51), quitosana/cloisite na proporção de 10:1 (QCL101), quitosana/cloisite/Dexametasona na proporção de 5:1 (QCL51DXM), quitosana/cloisite/Dexametasona na proporção de 10:1 (QCL101DXM).

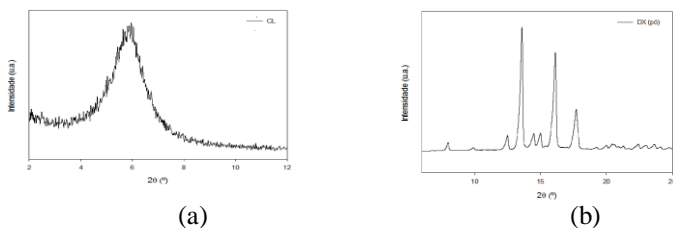
Figura 1 - Difratoograma de raios X dos biofilmes nas diversas composições.



Fonte: Autores da pesquisa (2018)

A Figura 2 apresenta os difratogramas da cloisite (CL) e do Dexametasona (DXM).

Figura 2. Difratoogramas: argila cloisite (a) e Dexametasona (b).



Conforme descrito na literatura, a quitosana é um polímero semicristalino. Em um difratograma padrão para esse polímero é esperada a presença de um pico bem definido em torno de 2θ igual a 20° e um outro pico menos definido, uma banda, em 2θ de, aproximadamente, 10° (XU *et al.*, 2005). Para a quitosana empregada neste estudo, Figura 1, observa-se a presença da banda menos evidente em torno de $2\theta = 10^\circ$ ($d_{020} = 0,82\text{nm}$), e uma banda mais evidente em $2\theta = 20^\circ$. Os resultados obtidos corroboram com os reportados por Xu *et al.*, (2005) e Braga *et. al.* (2009). O difratograma da cloisite, figura 2 (a), apresenta um pico de reflexão (001) referente à

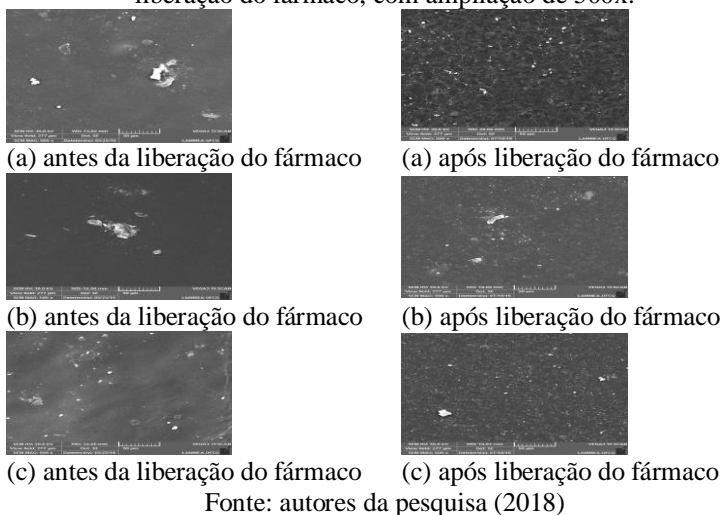
montmorilonita com 2θ igual a $5,86^\circ$, correspondendo a uma distância interplanar basal (d_{001}) de 1,50 nm. O pico (001) da montmorilonita nos nanocompósitos quitosana/montmorilonita, contendo razões de quitosana/montmorilonita de 5:1 e 10:1, foi deslocado para valores de 2θ de $2,71$ e $2,96$ nm, respectivamente. Esse deslocamento indica que bicamadas de quitosana foram posicionadas entre as camadas da montmorilonita e que, possivelmente, nanocompósitos intercalados foram obtidos, conforme resultados obtidos por Tan et. al. (2007). Esta intercalação é favorecida pela interação eletrostática dos grupos ($-\text{NH}^{3+}$) da segunda camada com os íons acetato da solução de quitosana tornando-se acessíveis os sítios para troca aniônica. Quanto à intensidade dos picos de difração, observa-se um pico mais intenso para a proporção 5:1 e um pico menos intenso para a proporção 10:1 indicando que o nanocompósito obtido é do tipo intercalado ordenado e intercalado desordenado, respectivamente.

O difratograma dos biofilmes de quitosana/cloisite com Dexametasona, figura 2, mantiveram uma estrutura semicristalina, pois os difratogramas indicaram picos estreitos indicativos de uma estrutura organizada de moléculas, embora, nas duas composições em estudo, o pico de Dexametasona que era em $2\theta = 13,5^\circ$ foi deslocado para 15° . Além disso, observa-se que os picos de Dexametasona nos filmes de quitosana/cloisite na proporção de 5:1 apresentam maior intensidade que nos filmes de proporção de 10:1, devido ao maior teor de quitosana nos filmes de 10:1, apresentando maior solubilidade. Os resultados são confirmados por Bastos (2015).

3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As análises de microscopia eletrônica de varredura foram realizadas com o objetivo de avaliar diferenças nas aparências dos biofilmes que continham o fármaco, a tendência à formação de aglomerados e aspecto visual dos filmes incorporados com o fármaco, antes e após a liberação deste. A Figura 3 apresenta as microscopias dos biofilmes (a) QDXM, (b) QCL51DXM e (c) QCL101DXM, antes e após a liberação do fármaco, com ampliação de 500x.

Figura 3. Microscopia eletrônica de varredura dos biofilmes (a) QDXM, (b) QCL51DXM e (c) QCL101DXM, antes e após a liberação do fármaco, com ampliação de 500x.



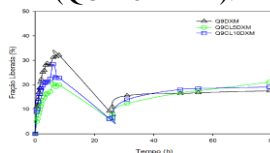
A partir da microscopia eletrônica de varredura (MEV), observa-se que o fármaco exibiu uma tendência à aglomeração, formando porções de agregados de partículas que foi diminuída com o aumento no teor de quitosana, visto que os biofilmes com a proporção de 10:1 apresentaram uma maior dispersividade do fármaco. Os

filmes apresentaram uma superfície lisa, indicando uma incorporação adequada do fármaco à matriz quitosana/cloisite, o MEV dos biofilmes, após a liberação, apresenta orifícios que indicam que houve a liberação do fármaco. Resultados semelhantes foram obtidos por Bastos (2015).

3.3 Espectroscopia na região do ultravioleta (UV-Vis)

A liberação do fármaco *in vitro* foi estudada em solução tampão fosfato – PBS (pH = 7,2), que simula o ambiente gastrointestinal, e o meio de liberação foi quantificado por medida direta da absorbância a 292 nm, feita no UV-vis. A figura 4 mostra a porcentagem de liberação do Dexametasona em função do tempo de imersão para os filmes de QDXM, QCL51DXM e QCL101DXM.

Figura 4. Perfil de liberação do Dexametasona carregado nos filmes de quitosana (QDXM), quitosana/cloisite na proporção de 5:1 (QCL51DXM) e quitosana/cloisite na proporção de 10:1 (QCL101DXM).



Fonte: Autores da pesquisa (2018)

A liberação do fármaco, ao longo do tempo, a partir dos filmes de QCL51DXM e QCL101DXM foi mais lenta e em menor quantidade do que a partir dos filmes de QDXM. Além disso, depois de 30 horas, a taxa de liberação foi moderada e mantida ao longo do tempo para as amostras QCL51DXM e QCL101DXM, já que as moléculas de fármaco já haviam sido dispersas no meio

durante as primeiras horas de liberação. A explicação para a liberação do Dexametasona, a partir dos filmes de QCL51DXM e QCL101DXM, ter sido mais lenta e em menor quantidade pode ser a seguinte: uma vez que o Dexametasona apresenta um valor de pKa de 12,42, maior do que o da quitosana que é de 6,3, é possível que o fármaco interaja, mais fortemente, com as camadas do biopolímero quitosana do que com as camadas de argila. Além disso, como houve a formação de bionanocompósito com estrutura intercalada desordenada, há também o aumento da área de contato fármaco-argila. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Depan *et al.* (2009). Com base nesses resultados, fica evidenciado que a presença de argila nos filmes de quitosana resultou na retenção do fármaco, limitando a dissociação do mesmo em pH intestinal (pH = 7,2), já que as lamelas da argila atuam como barreiras físicas que dificultam a difusão do solvente e, com isso, tornando a liberação mais lenta e em menor quantidade para os biofilmes que possuem argila em sua composição, sendo a liberação ainda mais lenta para a proporção 5:1, já que esta apresenta maior teor de argila, 20%, enquanto que a proporção 10:1, apresenta 10% de argila e com isso, menos barreiras físicas.

3.4 Avaliação da eficiência de encapsulação do fármaco (EE)

A eficiência de encapsulação pela matriz de suporte, nesse caso os biofilmes, será estimada de acordo com a equação abaixo, proposta por Papadimitriou et al. (2008).

$$EE (\%) = \frac{M_i - M_r}{M_i} \quad (1)$$

Onde Mi corresponde à massa inicial de fármaco dissolvido na solução de quitosana e quitosana/argila e Mf é a massa de fármaco medida logo após a obtenção dos biofilmes carregados com o fármaco Azhar e Olad (2014). Os biofilmes de quitosana/Dexametasona (QDXM), quitosana/argila/Dexametasona na proporção de 5:1 (QCL51DXM) e quitosana/argila/Dexametasona na proporção de 10:1 (QCL101DXM) apresentaram eficiência de encapsulação de 83%, 79,2% e 81,1%, respectivamente, confirmando que o fármaco teve maior interação com as camadas do biopolímero quitosana do que com as camadas de argila.

3 CONCLUSÃO

Filmes de quitosana e quitosana/montmorilonita carregados com o Dexametasona foram preparados com sucesso pela técnica de evaporação de solvente. A mistura de montmorilonita com quitosana resultou no controle da liberação do fármaco. Com base nestes resultados concluiu-se que a combinação de quitosana com argila montmorilonita é viável para formulação de sistemas para liberação controlada do fármaco Dexametasona.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil e a CAPES. Sendo assim, os autores agradecem a estes órgãos de fomento pela concessão da bolsa e financiamento do projeto, respectivamente. Agradecem, também, ao Laboratório Certbio pelo suporte técnico na realização de algumas das análises apresentadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABDEEN, R. e SALAHUDDIN, N. (2013). Modified chitosan-clay nanocomposite as a drug delivery system intercalation and In Vitro release of ibuprofen. *Journal of Chemistry*, v. 2013, p. 1-10.
- AGUZZI, P.; CAPRA, C.; BONFERONI, P.; CEREZO, I.; SALCEDO, R.; SÁNCHEZ, C.; CARAMELLA, C. VISERAS (2010). Chitosan – silicate biocomposites to be used in modified drug release of 5-aminosalicylic acid (5-ASA) C. *Applied Clay Science*, v. 50, p. 106-111.
- AZHAR, F.F.E e OLAD, A. (2014). A study on sustained release formulations for oral delivery of 5-fluorouracil based on alginate–chitosan/montmorillonite nanocomposite systems. *Applied Clay Science*, v.101, p. 288–296.
- BASTOS, F.L.A.G. (2015). *Desenvolvimento e incorporação de nanocristais de Dexametasona em sistemas poliméricos híbridos orgânico-inorgânicos para administração cutânea*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Ciências Farmacêuticas. Faculdade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Universidade Estadual Paulista, 138f.
- BORDES, P.; POLLET, E.; AVÉROUS, L. (2009). Nano-biocomposites: Biodegradable polyester/nanoclay systems. *Progress in Polymer Science*, v. 34, p. 125-155.
- BRAGA, C.R.C.; MELO, F.M.A.; COSTA, G.M.S.; SILVA, S.M.L. (2009). Nanocompósitos quitosana/montmorilonita para aplicação em sensores eletroquímicos. in: *10º Congresso Brasileiro de Polímeros*.
- CAMPBELL, K.T., CRAIG, D.Q.M., MCNALLY, T. (2014). Modification of ibuprofen drug release from poly(ethylene glycol) layered silicate nanocomposites prepared by hot-melt extrusion. *J. Appl. Polym. Sci.* 131, 40284.
- CHIANG, Z.C; Yu, S.H; CHAO, A.C; DONG, G.C. (2012). Preparation and characterization of dexamethasone-immobilized chitosan scaffold. *Journal Biosci Bioeng*, v. 5, p. 654–660.
- DARDER, M.; COLILLA, M.; RUIZ-HITZKY, E. (2005). Chitosan-clay nanocomposites: Application as electrochemical sensors. *Appl Clay Sci.* v.28, p.199-208.
- DEPAN, D. KUMAR, A. P, SINGH, R.P. (2009). Cell proliferation and controlled drug release studies of nanohybrids based on chitosan-g-lactic acid and montmorillonite, *Acta Biomater.* V.5, p.93-100.
- DUARTE, A.R.C.; MANO J.F., REIS R.L. (2009). Preparation of chitosan scaffolds loaded with dexamethasone for tissue engineering

applications using supercritical fluid technology. *European Polymer Journal*, v. 45, p. 141–148.

ELSABEE, M.Z.; ABDOU, E.S. (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials Science and Engineering: C*, v. 33, p. 1819-1841.

FUTALAN, C.M.; KAN, C.C.; DALIDA, M.L.; PASCUA, C.; WAN, M.W. (2011). Fixed-bed column studies on the removal of copper using chitosan immobilized on bentonite. *Carbohydrate Polymers*, v. 83, p. 697-704.

HAN, Y.; LEE, S.; CHOI, K. (2010). Preparation and characterization of chitosan–clay nanocomposites with antimicrobial activity *J. of Physics and Chemistry of Solids*. v.7, p.464-467.

HU, L. M.; SUN, Y; WU, Y. (2013). Advances in chitosan-based drug delivery vehicles. *Nanoscale*, v. 5, p. 3103–3111.

JIANG, W., Cai Y. E Li H. (2017). Chitosan-based spray-dried mucoadhesive microspheres for sustained oromucosal drug delivery. *Powder Technology*, v. 312, 1, p. 124-132.

KEVADIYA, B.D.; RAJKUMAR, S.; BAJAJ, H.C. (2015). Application and evaluation of layered silicate–chitosan composites for site specific delivery of Diclofenac. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, v. 35, p. 120–127.

LI, X.; YANG, Q.; OUYANG, J.; YANG, H.; CHANG, S. (2016). Chitosan modified halloysite nanotubes as emerging porous microspheres for drug carrier. *Applied Clay Science*.

NAFICY, S.; RAZAL, J. M.; SPINKS, G. M.; WALLACE, G. G. (2009). Modulated release of dexamethasone from chitosan–carbon nanotube films. *Sensors and Actuators A: Physical*, v. 155, p.120-124.

NANDA, R.; SASMAL, A.; NAYAK, P.L. (2011). Preparation and characterization of chitosan–polylactide composites blended with Cloisite 30B for control release of the anticancer drug paclitaxel, *Carbohydrate Polymer*, v.83, p. 988–994.

ONNAINTY, Renée; ONIDA, B.; PÁEZ, P.; LONGHI, M.; BARRESI, A.; GRANERO, G. (2016). Targeted chitosan-based bionanocomposites for controlled oral mucosal delivery of chlorhexidine. *International Journal of Pharmaceutics*. 25; 509 (1-2),

PAPADIMITRIOU, S.; BIKIARIS, D.; AVGOUSTAKIS, K.; KARAVAS, E.; GEORGARAKIS, M. (2008). Chitosan nanoparticles loaded with dorzolamide and pramipexole. *Carbohydrate Polymer*. v.73, p.44–54.

PONGJANYAKUL, T.; SUKSRI, H. (2009). Alginate–magnesium aluminum silicate films for buccal delivery of nicotine. *Colloids and*

Surfaces B: Biointerfaces, v. 74, p. 103–113.

RODRIGUES, L. B.; LEITE, H. F.; YOSHIDA, M. I.; SALIBA J. B.; CUNHA JUNIOR, A. S.; FARACO, A. A. G. (2009). *In vitro* release and characterization of chitosan films as dexamethasone carrier. *International Journal of Pharmaceutics*, v. 368, p. 1–6.

ROSSI-BERGMANN, B. (2008). A nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico. *Cienc. Cult.*, São Paulo, v. 60, n. 2, Available from <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-7252008000200024&lng=en&nrm=iso>. access on 26 Apr. 2016.

SALCEDO, I., SANDRI, G., AGUZZI, C., SANDRI, G., BONFERONI, M.C., MORI, M., CEREZO, P., SÁNCHEZ, R., VISERAS, C., CARAMELLA, C. (2012). *In vitro* biocompatibility and mucoadhesion of montmorillonite chitosan nanocomposite: a new drug delivery. *Appl. Clay Sci.* 55, 131–13.

_____. (2014). Intestinal permeability of oxytetracycline from chitosan-montmorillonite nanocomposites. *Colloids Surf. B: Biointerfaces. Appl. Clay Sci.*, 117, 441–448.

SILVA, S. M. L.; BRAGA, C. R. C.; FOOK, M. V. L.; RAPOSO, C. M. O.; CARVALHO, L. H.; CANEDO, E. L. (2012). Application of infrared spectroscopy to analysis of chitosan/clay nanocomposites. in: *Infrared Spectroscopy, Materials Science, Engineering and Technology*. Prof. Theophanides Theophile (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/35522. Available from: <https://www.intechopen.com/books/infrared-spectroscopy-materials-science-engineering-and-technology/application-of-infrared-spectroscopy-to-analysis-of-chitosan-clay-nanocomposites>.

VISERAS, C.; CEREZO, P.; SANCHEZ, R.; SALCEDO, I.; AGUZZI, C. (2010). Current challenges in clay minerals for drug delivery *Applied Clay Science*. v.48, p.291-295.

TAN, W.; ZHANG, Y., SZETO, Y., LIAO, L. (2007). A novel method to prepare chitosan/montmorillonite nanocomposites in the presence of hydroxy-aluminum oligomeric cations. *Composites science and technology*, v. 68, p. 2917-2921.

XU, Y.X.; KIM, K.M.; HANNA, M.A. e NAG, D. (2005). Chitosan-starch composite film: preparation and characterization. *Industrial Crops and Products*, v.21, p.185-192.

YANG, Y.; WANG, S.; WANG, Y.; WANG, X.; WANG, Q.; CHEN, M. (2014). Advances in self-assembled chitosan nanomaterials for drug delivery. *Biotechnology Advances*, v. 32, p. 1301-1316.

Caracterização de Nanoferritas Mn-Zn Sintetizadas em Grande Escala por Reação de Combustão

Verônica C. de S. Diniz
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
veronica.diniz@ufrpe.br

Ana Cristina F. M. Costa
UFCG, Campina Grande, Brasil,
anacristina@dema.ufcg.edu.br

Ruth H. A. Kiminami
UFCG, Campina Grande, Brasil,
UFSCar, São Carlos, Brasil,
ruth@power.ufscar.br

Daniel R. Cornejo
USP, São Paulo, Brasil,
cornejo@macbeth.if.usp.br

1 INTRODUÇÃO

As ferritas são constituídas por uma mistura de óxidos metálicos, nos quais 70% de sua composição total são formadas por óxido de ferro (Fe_2O_3) ou, simplesmente, hematita, e os 30% restantes são constituídos de óxidos de outros metais de transição interna e/ou externa divalente e trivalente (GOLDMAN, 2006). Esse arranjo é constituído de um empacotamento cúbico compacto de 32 átomos de oxigênio, formando 64 interstícios de simetria tetraédrica e 32 interstícios de simetria octaédrica.

Na ferrita Mn-Zn, os íons Zn^{2+} ocupam, preferencialmente, os sítios tetraédricos, e cerca de 80% dos íons Mn^{2+} ocupam sítios tetraédricos e 20% podem

ocupar os sítios octaédricos (espinélio inverso). A forma como os íons são distribuídos nos dois tipos de sítios (octaédricos e tetraédricos) é designada pelo balanço de energia na rede cristalina, sendo que em temperaturas elevadas, a distribuição não pode ser controlada (GAMA, 2006).

1.1 Propriedades e Aplicações

As ferritas Mn-Zn são caracterizadas por apresentar alta permeabilidade magnética, alta resistividade elétrica, baixa coercividade magnética, baixas perdas por histerese e corrente parasita, dureza mecânica, estabilidade química e alta resistência à corrosão em frequências elevadas (TSAY *et al.*, 2000). Assim, esses materiais vêm despertando muito interesse nas indústrias de alta tecnologia, especialmente nos ramos de telecomunicações, dispositivos de micro-ondas, barras para antenas, bem como em cabeças de leitura e gravação magnética de alta velocidade, filtros para eliminação de ruídos e como materiais absorvedores de radiação eletromagnética (GABAL *et al.*, 2013). Além destas aplicações, as ferritas MnZn nanométricas também são encontradas potencialmente úteis na tecnologia ferrofluido (CHAND *et al.*, 2013), marcadores biológicos (PINO *et al.*, 2012) e na ressonância magnética (GUO *et al.*, 2012). Essas aplicações envolvem milhões de dólares/ano com a comercialização desses produtos.

1.2 Métodos de Obtenção

Tão importante quanto a escolha da composição ideal da ferrita Mn-Zn é o método pelo qual ela é obtida, uma vez que o método de obtenção irá influenciar,

diretamente, nas propriedades intrínsecas das ferritas. O processamento de materiais cerâmicos magnéticos, as ferritas, é o mesmo utilizado na tecnologia de processamento cerâmico em geral. Industrialmente, o mais utilizado é o método de mistura de óxidos convencional. Em escala de laboratório, várias técnicas têm demonstrado eficiência na produção de nanoferritas, como exemplo, podemos citar os métodos sol-gel (EBRAHIMI *et al.*, 2014), co-precipitação (KARIMI *et al.*, 2014), precipitação hidrotérmica (XIA *et al.*, 2013) e reação de combustão (DING *et al.*, 2014) como métodos químicos bem consolidados.

Entre os vários métodos de obtenção de nanoferritas existentes e já consolidados, a síntese por reação de combustão destaca-se, principalmente, por ser uma técnica fácil, segura e rápida para produção de pós-cerâmicos, requerer menos energia que os métodos de síntese convencionais e tempo de processamento reduzido para poucos minutos. Associado a tudo isso, ainda demanda o fato de que essa técnica possibilita a produção de materiais em escala de laboratório elevada. A reação de combustão tem como base a técnica que deriva dos conceitos termodinâmicos usados na química dos propelentes e explosivos, envolvendo a reação de uma mistura redox, contendo os íons metálicos de interesse como reagentes oxidantes e um combustível como agente redutor (COSTA, 2009). Os nitratos metálicos, fonte de cátions para a formação do óxido metálico, reagem com o combustível redutor, geralmente glicina, de maneira rápida, exotérmica e autossustentável. A reação exotérmica entra, geralmente, em ignição a uma temperatura inferior à temperatura de formação de fase alcançada pelo método de calcinação convencional. O resultado é usualmente um produto seco, cristalino e,

geralmente, com aspecto aglomerado poroso, altamente friável (flocos porosos) (JAIN, 1981).

A literatura reporta a produção de nanoferritas em escala variada desde 2 g até 200 g/batelada de reação para diferentes aplicações (DANTAS, 2014). Para este fim, foi desenvolvido um reator para uso na reação de combustão que permite a obtenção de vários produtos cerâmicos em diferentes capacidades de produção (COSTA, 2012), o que torna, sem dúvida, essa técnica extremamente promissora para produção de materiais em escala de laboratório e industrial, incluindo as ferritas Mn-Zn. Com base nesse contexto, este trabalho reporta a caracterização microestrutural e magnética de pós do sistema $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ (onde $x = 0,0; 0,35; 0,5; 0,65$ em mol de Zn) através do método de síntese de reação de combustão em escala piloto com bateladas de 200g/reação, para aplicação como materiais magnéticos moles.

2 EXPERIMENTAL

2.1 Materiais e Métodos

Para a síntese das ferritas $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ com ($x = 0; 0,35; 0,5; 0,65$ mol de Zn) foram utilizados os reagentes nitratos de ferro ($Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$), zinco ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) e manganês ($Mn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) e como combustível a glicina ($C_2H_5(NO_2)$). A composição inicial da solução foi baseada na valência total dos reagentes oxidantes e redutores utilizando conceitos da química dos propelentes e explosivos (JAIN, 1981). A mistura redox de nitratos metálicos e combustível foi submetida ao aquecimento direto em um reator e recipiente, com capacidade de produção de 200g/batelada do produto (COSTA, 2012).

2.1.1 Caracterizações

As amostras resultantes da síntese foram caracterizadas por difração de raios X, utilizando um difratômetro de raios X BRUKER modelo D2 Phaser, (radiação Cu K) e tensão de 40 kV e 30 mA de corrente. O tamanho de cristalito foi calculado a partir do *software* Diffrac. Eva com base na linha de alargamento de raios-X (d101), mediante a deconvolução da linha de difração secundária do cério policristalino (utilizado como padrão), utilizando-se a equação de Scherrer (KLUNG, 1962). A cristalinidade foi determinada a partir da razão entre a área integrada do pico referente à fase cristalina e à área referente à fração amorfa. Os aspectos morfológicos foram analisados em um Microscópio Eletrônico de Varredura, marca Shimadzu, modelo Superscan SS-500. Foi utilizado também o equipamento que se mede a granulometria na faixa de 0,3 nm a 8 μm no analisador de nanopartículas SZ-100 series (Horiba Scientific). Os ciclos de histerese magnética (M x H) das amostras estudadas foram obtidos por um Magnetômetro de gradiente alternado (AGM), a magnetização de saturação foi determinada fazendo um fitting dos dados do campo aplicado para a função $M = M_s (1 - \alpha/H)$, onde M é a magnetização, M_s é a magnetização de saturação, α é o parâmetro do fitting e H é o campo aplicado.

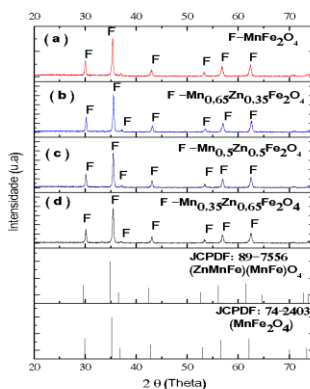
3 RESULTADOS

3.1 Análise Estrutural

A figura 1 ilustra os difratogramas de raios X das ferritas $\text{Mn}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($x = 0; 0,35; 0,5; 0,65$) obtidas por reação de combustão em grande escala. Pode-se observar,

a partir da Figura 1, a formação da fase única cúbica do espinélio inverso da ferrita simples de MnFe_2O_4 e mista Mn-Zn, identificada mediante as fichas cristalográficas JCPDF 74-2403 e JCPDF 89-7556, respectivamente. Isso indica a eficiência da técnica de combustão em possibilitar a obtenção desses sistemas monofásicos.

Figura 1. Difratogramas de Raios x das amostras de Ferritas Mn-Zn.



Fonte: Autores da pesquisa (2018)

A obtenção dos sistemas em grande escala monofásicos pode ser atribuída a dois fatores: Ao fato de que, possivelmente, não houve a mudança do estado de ionização dos íons Mn^{2+} para Mn^{3+} , devido à rapidez que a reação ocorre, não permitindo a oxidação. Esses íons possuem raios iônicos diferentes (0,83 e 0,645 Å, respectivamente), então, se tivesse ocorrido mudança no estado de ionização de 2^+ para 3^+ , o raio iônico diminuiria, a coordenação seria 6, e isto contribuiria para a formação de defeitos eletrônicos na rede, tipo n, levando, possivelmente, à formação de segunda fase. Esse mesmo efeito foi observado por Paiva (2008).

O outro fator é a quantidade de reagente total de 1,5 kg utilizada para as reações que possibilitam a geração

de um grande volume de gases de combustão, os quais criam uma atmosfera redutora e, ao mesmo tempo, impedem a entrada de grande volume de oxigênio atmosférico, fazendo com que não ocorra a mudança no estado de ionização do íon Mn^{2+} . Na tabela 1, estão apresentados os resultados da cristalinidade e do tamanho médio de cristalito para a reflexão de primeira ordem (intensidade 100), correspondendo à família de planos {113} do espinélio.

Tabela 1. Cristalinidade, tamanho médio de cristalito para família de planos {113}, calculada a partir dos difratogramas de raios X.

Amostras	Cristalinidade (%)	Tamanho de Cristalito (nm)
MnFe₂O₄	91	30
Mn_{0,65}Zn_{0,35}	87	52
Mn_{0,5}Zn_{0,5}	88	34
Mn_{0,35}Zn_{0,65}	85	32

Fonte: Autores da pesquisa (2018)

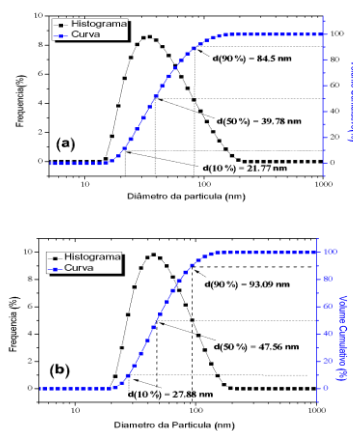
Pode-se observar, mediante os resultados dispostos na tabela 1, em relação aos valores de cristalinidade, que a amostra $Mn_{0,35}Zn_{0,65}$ apresentou uma menor cristalinidade quando comparada com as demais amostras, foi calculada uma diminuição do valor de cristalinidade de, aproximadamente, 2% quando comparada às amostras $Mn_{0,35}Zn_{0,65}$ com $Mn_{0,65}Zn_{0,35}$, demonstrando que o aumento do zinco proporcionou uma leve diminuição no valor da cristalinidade. Esse comportamento também foi observado por Filho *et al.* (2012) quando estudaram o efeito da quantidade de zinco sobre as propriedades estruturais das ferritas $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ com $0,5 \leq x \leq 1,0$ pelo uso do método de combustão. Estes afirmaram que esse comportamento está relacionado com uma diminuição

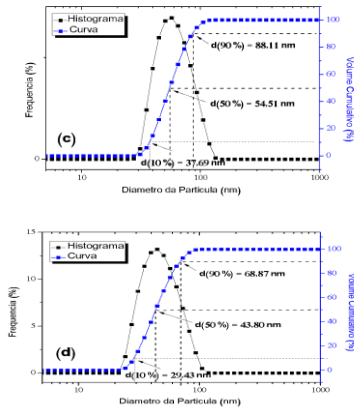
da temperatura da chama de combustão à medida que o teor de Zn^{2+} foi aumentado no sistema. A amostra que apresentou maior valor de cristalinidade foi a amostra $MnFe_2O_4$, ou seja, a única dentre as amostras em estudo que não possui o Zn^{2+} em sua composição. Em relação aos valores de tamanho médio de cristalito, verifica-se que a amostra $Mn_{0,35}Zn_{0,65}$, que contém o maior teor de zinco em sua composição, apresentou o menor tamanho de cristalito, indicando, como reportado anteriormente, que a presença do Zn tende a, possivelmente, reduzir a temperatura de combustão e, com isso, favorecer o não crescimento dos cristais.

3.2 Análise Morfológica

A Figura 2 ilustra os valores de distribuição dos diâmetros esféricos das partículas equivalentes em função do volume cumulativo das ferritas com composições $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ($x = 0; 0,35; 0,5; 0,65$) obtidas por reação de combustão em grande escala, na faixa de 10 a 10.000 nm.

Figura 2 - Distribuição granulométrica das amostras $MnFe_2O_4$ (a), $Mn_{0,65}Zn_{0,35}$ (b), $Mn_{0,5}Zn_{0,5}$ (c), $Mn_{0,35}Zn_{0,65}$ (d).





Fonte: Autores da pesquisa (2018)

Pode-se observar que todas as amostras apresentaram distribuição, relativamente larga, com um comportamento simétrico e monomodal. A amostra $Mn_{0,5}Zn_{0,5}$ apresentou uma curva mais estreita (Figura 2c) enquanto que a amostra $MnFe_2O_4$ apresentou uma curva de distribuição de partículas mais larga (Figura 2a), sem grandes variações na distribuição e nos diâmetros médios de partículas. A tabela 2 expressa o tamanho dos diâmetros das partículas das ferritas com composições $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ($x = 0; 0,35; 0,5; 0,65$) de acordo com os índices de distribuição de tamanho de partícula D10, D50 e D90, respectivamente. Os parâmetros D10 e D90 estão relacionados aos diâmetros de corte da curva de distribuição acumulada em 10% e 90%, respectivamente, enquanto que, o parâmetro D50 está relacionado à mediana da distribuição e corresponde ao diâmetro médio de partícula (D_m). De acordo com os resultados extraídos da tabela 2, pode-se observar, de forma geral, que o tamanho dos diâmetros das partículas sofre uma variação crescente desde o início a D (10 %) até D (90 %) para todas as amostras. Fixando o diâmetro mediano (50%) a

amostra $\text{Mn}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}$ apresentou o maior tamanho de partícula, com valor de 54,5 nm, que coincidiu com uma curva de distribuição mais estreita, indicando a redução da distância média de separação entre as partículas. A amostra MnFe_2O_4 apresentou diâmetro mediano (50%) menor, com valor de 39,78 nm, que pode ser atribuída ao fato de se tratar da única amostra que não possui zinco em sua composição, esse resultado apresenta o mesmo comportamento observado para os tamanhos de cristalito calculado para a reflexão de primeira ordem (intensidade 100) correspondendo à família de planos {113} do espinélio.

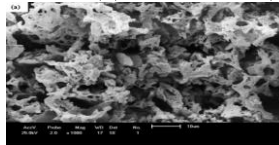
Tabela 2. Diâmetros das partículas das amostras MnFe_2O_4 , $\text{Mn}_{0,65}\text{Zn}_{0,35}$, $\text{Mn}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}$, $\text{Mn}_{0,35}\text{Zn}_{0,65}$ de acordo com os índices de distribuição.

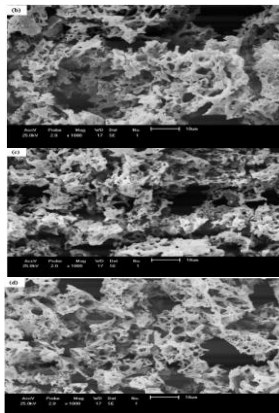
Amostras	D (10 %) nm	D (50 %) nm	D (90 %) nm
MnFe_2O_4	21,77	39,78	84,5
$\text{Mn}_{0,65}\text{Zn}_{0,35}$	27,88	47,56	93,09
$\text{Mn}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}$	37,69	54,51	88,11
$\text{Mn}_{0,35}\text{Zn}_{0,65}$	29,43	43,80	66,87

Fonte: Autores da pesquisa (2018)

A figura 3 ilustra a morfologia das amostras de ferritas com composições $\text{Mn}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ ($x = 0; 0,35; 0,5; 0,65$) obtidas por reação de combustão em grande escala. A partir das micrografias, foi possível observar, de forma geral, que as amostras apresentaram aspecto poroso, constituídos por aglomerados não densos e de formatos irregulares.

Figura 3. Características morfológicas obtidas por MEV da ferrita MnFe_2O_4 (a), $\text{Mn}_{0,65}\text{Zn}_{0,35}$ (b), $\text{Mn}_{0,5}\text{Zn}_{0,5}$ (c), $\text{Mn}_{0,35}\text{Zn}_{0,65}$ (d).





Fonte: Autores da pesquisa (2018)

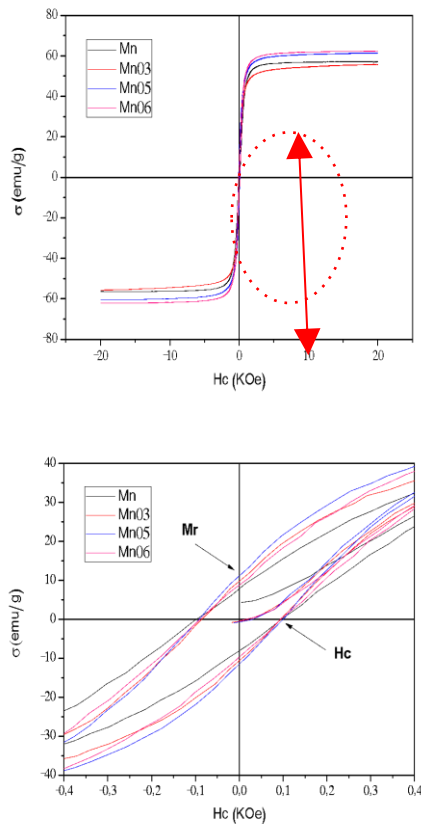
Foi percebida uma alta porosidade, o que, possivelmente, pode ser atribuída à maior liberação dos gases durante a combustão proporcionada pelo comportamento da glicina como combustível na reação, uma vez que a natureza da aglomeração é regida por entalpia e temperatura da chama gerada durante a combustão que, por sua vez, é dependente da natureza do combustível e da relação agente oxidante/agente redutor. Em relação ao aumento de teor de zinco na composição não foi observada uma diferença significativa nas características morfológicas das amostras em estudo.

3.3 Análise Magnética

A figura 4 ilustra a dependência da magnetização M , em função do campo magnético aplicado H das composições $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ($x = 0; 0,35; 0,5; 0,65$) obtidas por reação de combustão em grande escala. Por meio da figura 4, observou-se que todos os ciclos de histerese para as amostras apresentaram laço estreito característico de materiais magnéticos moles “*soft*”,

comportamento este, que foi atribuído devido aos valores de magnetização remanente (M_r) e coercividade (H_c) pequenos, porém diferentes de zero, mostrando assim, a formação completa do ciclo histerese magnética estreito. Esses materiais são caracterizados por se magnetizar e desmagnetizar com facilidade.

Figura 4. Histerese magnética das amostras de Ferritas Mn-Zn.



Fonte: Autores da pesquisa (2018)

A tabela 3 apresenta os parâmetros de histerese das amostras composições $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ($x= 0; 0,35; 0,5; 0,65$) obtidas por reação de combustão em grande escala.

Tabela 3. Parâmetros extraídos das histereses das amostras $MnFe_2O_4$, $Mn_{0,65}Zn_{0,35}$, $Mn_{0,5}Zn_{0,5}$, $Mn_{0,35}Zn_{0,65}$.

Amostras	Ms (emu/g)	Mr (emu/g)	Hc (KOe)	Mr/Ms
MnFe₂O₄	57,64	7,77	0,09	0,13
Mn_{0,65}Zn_{0,35}	62,2	8,90	0,08	0,14
Mn_{0,5}Zn_{0,5}	61,04	11,33	0,09	0,18
Mn_{0,35}Zn_{0,65}	56,03	9,87	0,08	0,17

Fonte: Autores da pesquisa (2018)

Observou-se, através da Tabela 3, uma redução na magnetização de saturação com o aumento do teor de zinco de 10% para a amostra $Mn_{0,65}Zn_{0,35}$ em relação à $Mn_{0,35}Zn_{0,65}$. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato do Zn^{2+} ser um material diamagnético e sua menor quantidade na composição da amostra $Mn_{0,65}Zn_{0,35}$ favoreceu o aumento da magnetização. Além disso, o Mn^{2+} em maior quantidade na amostra $Mn_{0,65}Zn_{0,35}$ favoreceu o aumento da magnetização que pode ser explicado pelo valor do momento magnético de Bohr ser igual a $5\mu_B$, diferentemente do Zn^{2+} que é $0\mu_B$.

Džunuzović *et al.* (2015) avaliaram o teor de zinco para a ferrita Ni-Zn com composição $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ com ($x = 0,0; 0,3; 0,5; 0,7$ e $1,0$) sintetizados por reação de combustão e também observaram uma redução na magnetização de saturação com o aumento de teor de zinco na composição e atribuíram esse fato ao comportamento diamagnético do íon Zn^{2+} , uma vez que não é magnético, e ocorre uma migração de íons Fe^{3+} a partir de locais tetraédricos (A) para sítios de coordenação

octaédrica (B), resultando no enfraquecimento da interação de trocas de íons dos seus respectivos sítios (A-B).

4 CONCLUSÕES

A síntese por reação de combustão foi uma técnica favorável para obtenção da $Mn_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ($x = 0; 0,35; 0,5; 0,65$) em grande escala, monofásica, em nanoescala e com alta cristalinidade. O efeito do aumento do teor de zinco na composição favoreceu a diminuição do tamanho de cristalito e tamanho de partícula. As amostras apresentaram um comportamento magnético característico de materiais magnéticos moles, com magnetização de saturação máxima de 62 emu/g para a amostra com menor teor de zinco em sua composição.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ e à CAPES pelo apoio financeiro dado à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- CHAND, M., KUMAR, S., SHANKAR, A., PORWAL, R. (2013) The size induced effect on rheological properties of Co-ferrite based ferrofluid. *Journal of NonCrystalline Solids*, v. 361, p. 38-42.
- COSTA, A.C.F.M.; DINIZ, A. P.; SILVA, V. J.; KIMINAMI, R. H. G. A.; CORNEJO, D. R.; GAMA, A. M.; REZENDE, M. C.; GAMA, L. (2009) Influence of calcination temperature on the morphology and magnetic properties of Ni-Zn ferrite applied as an electromagnetic energy absorber. *Journal of Alloys and Compounds*, v. 483, p. 563–565.
- _____. e KIMINAMI, R. H. G. A. Dispositivo para produção de nanomateriais cerâmicos em larga escala por reação de combustão e processo contínuo de produção dos nanomateriais. Depósito de patente. *Revista de Propriedade Industrial – RPI*, depositada em

25/01/2012, recebendo o nº BR 10 2012 002181-3.

DANTAS, J.; SANTOS, J.R.D.; SILVA, F.N.; SILVA, A.S.; COSTA, A.C.F.M. (2014). Study of Nanoferrites $Ni_{0,5}Zn_{0,5}Fe_2O_4$ and $Ni_{0,1}Cu_{0,4}Zn_{0,5}Fe_2O_4$. *Materials Science Forum (Online)*, v. 775-776, p. 705-711.

DING, C., YIN, W., CAO, L., ZENG, Y. (2014) Synthesis of manganese–zinc ferrite nanopowders prepared by a microwave-assisted auto-combustion method: Influence of sol–gel chemistry on microstructure. *Materials Science in Semiconductor Processing*, v. 23, p. 50-57.

DZUNUZOVIC, A. S., ILIC, N.I., PETROVIC, M. M., BOBIC, J. D. (2015) Structure and properties of Ni–Zn ferrite obtained by auto-combustion method. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, v. 374, p. 245–251.

EBRAHIMI, S.A., MASOUDPANAH, S.M. (2014) Effects of pH and citric acid content on the structure and magnetic properties of MnZn ferrite nanoparticles synthesized by a sol-gel autocombustion method. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, v. 357, p. 77-81.

FILHO, A. C. G., SIMÕES, A. N., NEIVA, L. S., GAMA, L., OLIVEIRA, J. B. L. (2012) Efeito da concentração de zinco nas características estruturais do sistema $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ obtido por reação de combustão. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v.7.1, p. 39 – 42.

GABAL, M. A., AL-LUHAIBI, R. S., AL ANGARI, Y. M. (2013) Mn–Zn nano-crystalline ferrites synthesized from spent Zn–C batteries using novel gelatin method. *Journal of Hazardous Materials*, v. 246-247, p.227-233.

GAMA, A. M.; REZENDE, M. C. (2006) *Desenvolvimento de Materiais Absorvedores de radiação eletromagnética baseados em nanoferritas*. Relatório Técnico-Científico,.

GOLDMAN, A. (2006). *Modern Ferrite Technology*, Springer, Pittsburgh, EUA. P. 445.

GUO, P., ZHANG, G., YU, J., LI, H., ZHAO, X. S. (2012). Controlled synthesis, magnetic and photocatalytic properties of hollow spheres and colloidal nanocrystal clusters of manganese ferrite. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 395, p.168-174.

JAIN, S. R.; ADIGA, K.C.; VERNEK, V.P. (1981) A new approach to thermochemical calculations of condensed fuel-oxider mixture. *Combustion and Flame*, v. 40, p. 71-79.

KARIMI, Z., MOHAMMADIFAR, Y., SHOKROLLAHI, H.,

- YOUSEFI, GH., KARIMI , L. (2014) Magnetic and structural properties of nano sized Dy-doped cobalt ferrite synthesized by coprecipitation . *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, v. 361, p. 150-156.
- KLUNG, H.; L. ALEXANDER; (1962). *X-ray diffraction procedures*. New York: Wiley.p.491.
- PAIVA A. C. L., A. *Influência da substituição do Mn²⁺ pelo Fe²⁺ na morfologia e comportamento eletromagnético de ferritas Mn-Zn*, (2008). Dissertação de Mestrado, Coordenação de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande.
- PINO, P., PELAZ, B. (2012) Hyperthermia Using Inorganic Nanoparticles. *Frontiers of Nanoscience*, v. 4, p. 309-335.
- TSAY, C. Y.; LIU, K. S.; LIN, T. F.; LIN, I. N. (2000). Microwave sintering of NiCuZn ferrites and multiplayer chip inductors. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, v. 209, p. 189-192.
- XIA, A., ZUO, C., CHEN, L., JIN, C. (2013) Hexagonal SrFe₁₂O₁₉ ferrite: Hydrothermal synthesis and their sintering properties. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, v. 332, p. 186-191.

Nanocompósitos de Polímeros Condutores com Montmorilonita: Uma Breve Revisão

Juliana de Castro Macêdo Fonsêca.
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
juliana.fonseca@ufrpe.br

Rosa Maria Souto Maior
UFPE, Recife, Brasil,
rmsm@ufrpe.br

1 INTRODUÇÃO

Os polímeros condutores compõem uma classe de polímeros que se caracteriza pela presença de duplas ligações alternadas na cadeia principal. Essas duplas ligações podem ser oxidadas ou reduzidas com o objetivo da obtenção de características semelhantes às dos semicondutores. Após dopagem, esses polímeros aliam condutividade elétrica semelhante aos materiais semicondutores com a processabilidade, leveza e a flexibilidade dos polímeros convencionais (SKOTHEIM e REYNOLDS, 2007, NALWA, 1997).

As argilas são materiais naturais ou sintéticos formados por silicatos de alumínio hidratados e que podem conter diferentes elementos químicos, além da presença de matéria orgânica e outras impurezas (SOUZA SANTOS, 1989). A mistura de argila com polímeros vem ocorrendo há muito tempo, tendo sido publicados relatos desde 1965 por Blumstein e colaboradores (BLUIMSTEM *et al.*, 1965). Porém, após a descoberta pelo grupo Toyota de que a inserção de argila em dimensões nanométricas trazia ganhos consideráveis em propriedades mecânicas e térmicas (USUKI *et al.*, 1993), essa composição se tornou mais estudada, sendo encontradas diversas aplicações

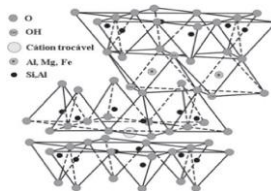
comerciais. Com os polímeros condutores, o comportamento foi semelhante: desde os anos 1970 se tem relatos da intercalação de polímeros condutores no espaçamento interlamelar de argilas, quando Closs *et al.* (1973) intercalou moléculas de tiofeno entre as lamelas de montmorilonita e, em seguida, essas moléculas foram submetidas a um processo de polimerização. A composição de polímeros condutores com argila pode ocasionar melhoria em propriedades como a condução elétrica, apesar das argilas serem isolantes elétricos, e eletroluminescência (FANG *et al.*, 2008).

2 NANOCOMPÓSITOS POLÍMEROS CONDUTORES MONTORILONITA

As argilas, normalmente utilizadas na síntese de nanocompósitos polímero/argila, são as de estrutura lamelar, como a montmorilonita, a caulinita, a vermiculita e a laponita (sintética). Nessas argilas, o espaçamento interlamelar existente é intercalado pelo material polimérico (ULTRACKI, 2010, RAY & OKAMOTO, 2003, ALEXANDRE & DUBOIS, 2000). As montmorilonitas são minerais pertencentes ao grupo das esmectitas, compostas por camadas octaédricas de óxido de alumínio (Al_2O_3) envolvidas por duas camadas tetraédricas de silicatos (formados SiO_2). Essas camadas são unidas entre si por oxigênios comuns, formando uma estrutura em camadas semelhante a um sanduíche (SOUZA SANTOS, 1989, COELHO *et al.*, 2007). Nesse arranjo, podem ocorrer substituições de átomos de Al^{3+} por Mg^{2+} , Fe^{2+} , Cr^{2+} , Mn^{2+} ou Li^+ nas folhas octaédricas, o que ocorre com predominância, e em menor grau, a substituição de Si^{4+} por Al^{3+} nas folhas tetraédricas. Essas substituições causam desbalanceamento de cargas, sendo as mesmas neutralizadas pela presença de cátions

(principalmente Na^+ , Mg^+ , Ca^{2+}) entre as lamelas (BRINDLEY, 1958). Devido à possibilidade de serem substituídos, os cátions interlamelares são chamados de cátions trocáveis, e o tipo de cátion presente no espaço interlamelar denomina o tipo de argila. A predominância de sódio no espaço interlamelar, por exemplo, faz com que as argilas sejam denominadas de sódicas (RAY & OKAMOTO, 2003). A distância entre as lamelas apresentada pelas montmorilonitas varia de acordo com o cátion presente nesse espaçamento e o teor de água inserida nas mesmas (SOUZA SANTOS, 1989). Uma ilustração de uma lamela de montmorilonita pode ser observada na figura 1.

Figura 1 – Representação esquemática da estrutura de uma montmorilonita.



Fonte: Coelho *et al.*, (2007).

Para aumentar a afinidade entre polímeros orgânicos que, em geral, são hidrofóbicos com as lamelas de argila, que possuem natureza hidrofílica, é possível a substituição dos cátions presentes no espaçamento interlamelar por surfactantes, que possuem características hidrofílicas e hidrofóbicas, geralmente sais quaternários de amônio (RAY & OKAMOTO, 2003, ALEXANDRE & DUBOIS, 2000).

Os métodos de obtenção de nanocompósitos polímero/argila são três: a intercalação por fusão,

intercalação por solução e polimerização *in situ*. Na intercalação por fusão, a preparação dos nanocompósitos poliméricos ocorre a elevadas temperaturas, geralmente, em um equipamento de mistura do tipo extrusora. A argila é posta em contato com o polímero no estado fundido e as cadeias poliméricas então, migram para o interior das lamelas. Na intercalação em solução, o polímero dissolvido em um solvente orgânico é colocado em contato com a argila, fazendo com que as cadeias poliméricas migrem para o interior das lamelas. O nanocompósito é formado após a evaporação do solvente. Na intercalação *in situ*, os monômeros são colocados em contato com a argila, a fim de que penetrem entre as suas lamelas, ocorrendo em seguida à etapa de polimerização.

Os nanocompósitos polímero/montmorilonita formados podem apresentar-se como: nanocompósitos do tipo intercalado ou nanocompósito esfoliado. Quando não há interação do polímero com as lamelas da argila são obtidos microcompósitos, nos quais ocorre a encapsulação dos tactóides de argila pelas cadeias poliméricas. Nos nanocompósitos do tipo intercalado, as cadeias poliméricas se encontram entre as lamelas de argila, separando-as umas das outras, e originando uma estrutura que, como o próprio nome diz, intercala matéria orgânica (polímeros) e matéria inorgânica (argila). Já nos nanocompósitos do tipo esfoliado, as lamelas de argila estão separadas e dispersas isoladamente na matriz polimérica (RAY & OKAMOTO, 2003, ALEXANDRE & DUBOIS, 2000).

2.1 Nanocompósitos polianilina/montmorilonita

A Polianilina (PANi) é um dos polímeros condutores mais estudados, o que ocorre devido a sua elevada

condutividade e estabilidade ambiental. Dessa forma, a polianilina também é um dos polímeros mais utilizados na preparação de nanocompósitos polímeros condutores/argila. Em alguns estudos, a polianilina é inserida somente no espaçamento interlamelar, sendo originado um nanocompósito com maiores percentuais de argila em relação ao polímero. No ano 2000, Wu e colaboradores, sintetizaram um nanocompósito com esta característica através de polimerização *in situ* e montmorilonita sódica (Na^+ -MMT). Apesar de as cadeias poliméricas nos nanocompósitos apresentarem conformação mais plana do que apresentada pelas cadeias poliméricas isoladas, os nanocompósitos apresentaram uma diminuição na condutividade elétrica (WU *et al.*, 2000).

Nanocompósitos de PANi com uma montmorilonita organofílica (orgMMT) foram preparados e tiveram as suas propriedades comparadas com as de nanocompósitos PANi/ Na^+ MMT (JIA *et al.*, 2002). Foram observadas estruturas intercaladas com a orgMMT, porém não houve a formação de nanocompósitos com a Na^+ MMT. A condutividade elétrica aumentou de 0,04 S/cm na PANI-DBSA para 0,11 S/cm no PANI/orgMMT, o que, segundo o autor, pode estar relacionado com a maior planaridade das cadeias poliméricas em um ambiente confinado, aumentando o grau de conjugação das mesmas. Melhorias na estabilidade térmica dos nanocompósitos em relação ao polímero também foram observadas.

Através da polimerização *in situ* pela síntese mecânica/química, Bekri-Abbes e Srasra, 2010a sintetizaram nanocompósitos PANi/MMT. A reação ocorreu em um almofariz com persulfato de amônio (APS) como oxidante. Os nanocompósitos, que apresentaram

estrutura intercalada, exibiram um aumento na condutividade elétrica e estabilidade térmica em relação ao polímero sozinho. Foi observado através de FTIR que as cadeias de polianilina apresentavam conformação estendida. Os mesmos autores sintetizaram PANi/MMT, utilizando, desta vez, uma síntese apenas mecânica, ou seja, na ausência do APS. Realizou-se a troca dos cátions presentes no espaçamento interlamelar por cátions Cu^{2+} , sendo a polimerização realizada de forma espontânea, catalisada por esses íons positivos. Agora, diferentemente do estudo anterior, foi observada a diminuição da condutividade com a inserção de argila (BEKRI-ABBES e SRASRA, 2010b). Em ambos os estudos, a PANi foi obtida na sua forma condutora, ou seja, sal de esmeraldina.

Reena *et al.*, (2009) avaliaram a influência do tipo de surfactante ligado nos monômeros de anilina e a presença de argila (5% em peso do polímero) em nanocompósitos PANi/MMT. O tipo de surfactante, assim como a inserção de argila influenciou, fortemente, tanto a condutividade elétrica quanto a estabilidade térmica, sendo observados aumentos dessas propriedades em todos os nanocompósitos em relação ao polímero.

Kulhánkov e colaboradores (2014) prepararam filmes finos de nanocompósitos PANi/MMT e observaram um aumento substancial na condutividade elétrica desses filmes, de 356 S/m quando utilizou-se 0,1 g de MMT para 200 ml de uma mistura de polimerização em relação aos preparados com a PANi pura, com condutividade de 59 S/m. Além disso, a presença de MMT ocasionou considerável aumento na transparência das amostras, enquanto que a PANi não apresenta transparência (KULHÁNKOV *et al.*, 2014).

2.2 Nanocompósitos polipirrol /montmorilonita

O polipirrol (PPy) apresenta um grande número de aplicações possíveis, o que faz com que ele também seja muito aplicado na síntese de nanocompósitos com argila. Com maiores percentuais de argila em relação ao PPy, Mracáková *et al.*, (2007) sintetizaram nanocompósitos PPy/Na⁺-MMT e PPy/orgMMT através de polimerização *in situ* em misturas metanol/água, na presença de DBSA como surfactante e cloreto férrico como dopante. A condutividade elétrica desses sistemas se mostrou dependente, tanto da quantidade de argila quanto do teor de pirrol utilizados. O nanocompósito com 13,3% de PPy e orgMMT apresentou condutividade de 1,1 S/cm, enquanto que com 15,6% de PPy e Na⁺-MMT, ela foi de 0,26 S/cm. Em estudo semelhante, porém utilizando somente água como solvente e um percentual de 15% de PPy, Mracáková *et al.* (2006), obtiveram uma condutividade elétrica de 1,1 S/cm (da argila pura foi de $3,1 \times 10^{-2}$ S/cm).

Rizvi & Shakoore (2009), através de polimerização *in situ* em meio aquoso e cloreto férrico como catalizador, alcançaram aumentos na condutividade elétrica de até 3 vezes em relação ao polímero puro, utilizando 1% de Na⁺-MMT. Através da polimerização *in situ* com cloreto férrico como catalisador em meio aquoso, nanocompósitos PPy/MMT apresentaram condutividade elétrica e estabilidade térmica variáveis, de acordo com o teor de argila inserido. Com 1% de argila, a condutividade foi de 2,25 S/cm, enquanto que com 7% de argila, esse valor diminuiu para 0,31 S/cm. A condutividade elétrica do polímero puro não foi informada (KASSIM *et al.*, 2007).

Nanocompósitos de PPy/Montmorilonita cálcica (*fuller Earth*) foram sintetizados através de polimerização

in situ. Os cátions Ca^{+2} presentes no espaçamento interlamelar da argila foram trocados por cátions Cu^{+2} , e atuaram como catalizador da reação, essa ocorrendo de forma espontânea. Esses materiais foram caracterizados através de testes de polarização DC e impedância DC. Foram avaliadas as condutividades tanto elétrica como iônica nesses nanocompósitos, sendo a condutividade iônica 1,5 vezes maior do que a elétrica (RAJAPAKSE *et al.*, 2008).

2.3 Nanocompósitos politiofeno /montmorilonita

Nanocompósitos de politiofeno com argila são menos estudados do que os com polianilina ou polipirrol, porém bons resultados foram alcançados com a inserção de argila em matrizes desse polímero. Aumentos na estabilidade térmica e cristalinidade de todos os nanocompósitos em relação ao PHT foram observados, sendo o maior aumento para teores de 1% de argila. A condutividade elétrica dos nanocompósitos mostrou discretos aumentos no estado não dopado. No estado dopado, porém, um aumento de 0,34 S/cm do PHT para 1,15 S/cm para o PHT/orgMMT com 1% de argila foi observado. Também se verificou aumentos na fotoluminescência e propriedades mecânicas dos nanocompósitos (KUILA & NANDI, 2004). Em 2006, Kuila & Nandi sintetizaram o mesmo nanocompósito, porém, utilizando o método de preparação de intercalação por fusão. O comportamento dos híbridos foi bastante diferente do observado através da intercalação por solução, com diminuição da condutividade elétrica, estabilidade térmica, mas com aumento das propriedades mecânicas e um aumento na eficiência de fotoluminescência (KUILA & NANDI, 2006).

Macêdo-Fonsêca (2009) sintetizou nanocompósitos de poli (3-hexiltiofenos) e poli (3-hexadeciltiofenos) com Na⁺MMT e orgMMT com 5% de argila em peso de polímero através da polimerização *in situ*. Os nanocompósitos preparados com Na⁺MMT apresentaram estrutura intercalada, enquanto que os com orgMMT, exibiram estrutura, predominantemente, esfoliada. Foram observados aumentos nas temperaturas de início de decomposição dos nanocompósitos em relação aos polímeros e indícios de aumentos de condutividade elétrica no estado não dopado nos nanocompósitos do tipo intercalado.

A síntese por via eletroquímica de nanocompósitos de poli (3,4-etilenodioxítiofeno) (PEDOT) com diferentes percentuais de montmorilonita não modificada foi realizada por Aradilla *et al.* (2010). Os nanocompósitos com estrutura esfoliada exibiram eletroatividade maior do que o polímero de origem, porém com menor estabilidade térmica e condutividade elétrica (a dos nanocompósitos com 1% de MMT em peso de argila foi de 3,8 S/cm, enquanto que a do PEDOT foi de 5,5 S/cm). Observaram-se, também, mudanças na superfície dos nanocompósitos, que apresentaram menor rugosidade do que o polímero isolado.

Nanocompósitos esfoliados de PEDOT/MMT foram preparados através de polimerização anódica *in situ*, utilizando percentuais de argila de 5 a 50%, em relação ao peso de polímero. Capacitores foram confeccionados com esses nanocompósitos e apresentaram melhores propriedades do que os capacitores produzidos com o polímero puro (ARADILLA *et al.*, 2012).

2.4 Nanocompósitos outros polímeros/montmorilonita

Nanocompósitos de poli (fenileno vinileno) /MMT apresentaram aumentos na estabilidade à fotodegradação dos nanocompósitos, em relação ao polímero (LEE *et al.*, 2002). Foram utilizadas Na⁺MMT e laponita, uma argila lamelar, porém sintética e os nanocompósitos obtidos através de intercalação por solução. Os autores propuseram a aplicação desses materiais em diodos emissores de luz e dispositivos fotovoltaicos. Jing *et al.* (2005) sintetizaram nanocompósitos de poli (2metóxi-5(etilhexiloxi)1-4-fenileno-vinileno) (MEH-PPV) com orgMMT. Esses materiais apresentaram propriedades eletroluminescentes e estabilidade térmica superiores às do polímero puro.

3 APLICAÇÕES DOS NANOCOMPÓSITOS POLÍMEROS CONDUTORES/MONTMORILONITA

3.1 Sensores

Pontes e colaboradores (2013) sintetizaram nanocompósitos PPy com montmorilonitas naturais e organofílicas a fim de se avaliar a capacidade de detecção de voláteis orgânicos, tanto polares quanto apolares. Os sensores obtidos com nanocompósitos apresentaram maior eficiência do que os obtidos com o polímero puro, sendo a sensibilidade dos dispositivos preparados com a argila organofílica maior para a detecção de solventes orgânicos do que os sensores com PPy puro avaliados, anteriormente (PONTES *et al.*, 2013).

Nanocompósitos de politiofeno com argila montmorilonita foram utilizados na fabricação de sensores para a determinação de metanol presente em biodiesel.

Após avaliação, observou-se que o sensor preparado apresenta um grande potencial para ser aplicado como sensor, com limite de detecção de metanol de 0.009% (m/m) (PELIT et al., 2016).

3.2 Proteção à corrosão

São vários os materiais utilizados na proteção de materiais metálicos à corrosão. Dentre eles podemos citar: materiais metálicos e inorgânicos, recobrimentos orgânicos como tintas, vernizes. Esses materiais funcionam como barreira física contra espécies agressivas. Após a proibição da utilização de compostos de cromo como recobrimento dos metais, os polímeros condutores passaram a ser amplamente estudados para essa aplicação. Estudos utilizando a polianilina, por exemplo, relataram a formação de uma camada protetora (de óxido) sobre a superfície do metal (YEH & CHANG, 2008). A proteção à corrosão conferida por filmes finos de polímeros condutores é eficiente em apenas um curto período de tempo (HOSSEINI *et al.*, 2009). Por essa razão, esses polímeros começaram a ser utilizados conjuntamente com silicatos lamelares com o objetivo de aumentar a vida útil desses recobrimentos.

Nanocompósitos PPy/MMT na forma de filmes foram eletropolimerizados em um substrato da liga de alumínio 1100 com DBSA como dopante, utilizando dois tipos de argila, uma natural e outra organofílica (Cloisite 30B). A proteção à corrosão foi avaliada por métodos eletroquímicos em meio de NaCl 0,05 mol/L, sendo apresentada pelos nanocompósitos proteção à corrosão superior à do polímero puro e dependente do teor de argila utilizado, sendo maior para teores de 1% com a argila natural. A resistência à polarização também é maior nos

nanocompósitos do que no PPy, devido ao preenchimento de possíveis poros ou defeitos (CASTAGNO *et al.*, 2010).

Substratos feitos com uma liga de magnésio (AZ91D) foram recobertos por uma mistura de epóxi com um nanocompósito de PANi/orgMMT e tiveram a performance anticorrosiva avaliada. As amostras preparadas com o revestimento epóxi e o nanocompósito exibiram uma melhor proteção à corrosão do que as cobertas com a mistura epóxi/PANi, mesmo após 6000 horas de imersão no eletrólito. Além disso, observou-se que o mecanismo de proteção à corrosão dos substratos revestidos com o composto epóxi/ PANi/orgMMT não foi somente através da formação de uma camada de óxido na superfície da liga de magnésio, mas também pelo aumento nas propriedades de barreira conferido pelas lamelas de argila (ZHANG *et al.*, 2013).

Nanocompósitos de PANi dopados com DBSA e Na⁺MMT foram preparados pelo método de intercalação mecanoquímica sem utilizar solvente. A proteção à corrosão de uma barra de aço C45 foi avaliada em um eletrólito aquoso com 3,5% de NaCl. Observou-se a preparação de nanocompósitos do tipo intercalado e um bom poder anticorrosivo das barras recobertas com PANi/MMT (KALAIVASAN & SHAFI, 2014).

3.3 Aplicações Eletroreológicas

Fluidos eletroreológicos são compostos por uma suspensão de semicondutores em tamanho micrométrico com um fluido isolante. Esses fluidos exibem mudanças reversíveis de comportamento reológico com a aplicação de um campo elétrico e são utilizados em aplicações de materiais inteligentes. As características reológicas desses sistemas se modificam através do encadeamento das

partículas suspensas quando um campo elétrico é aplicado. São utilizados nessa aplicação, polímeros condutores de eletricidade, materiais inorgânicos não metálicos e materiais orgânicos particulados (CHOI & JHON, 2009).

Partículas de nanocompósitos intercalados de PANI/Na⁺-MMT foram dispersos em óleo de silicone e tiveram o seu comportamento eletroreológico avaliado. Na ausência de campo elétrico, essa suspensão apresentou tensões de cisalhamento, variando de 1 até 10 Pa, com o aumento da taxa de cisalhamento. Após a aplicação de um campo elétrico, essas tensões alcançaram dezenas e até 100 pascal, imediatamente após a aplicação do mesmo. A tensão de cisalhamento se manteve, aproximadamente, constante com o aumento da taxa de cisalhamento (KIM *et al.*, 1999).

Nanoesferas de PANi estabilizadas com lamelas esfoliadas de orgMMT (cloisite 20 A), apresentando uma estrutura *core-shell*, foram dispersas em um óleo de silicone, e tiveram suas características eletroreológicas avaliadas (FANG *et al.*, 2010). Observou-se um comportamento desses sistemas similar ao de outros sistemas típicos aplicados como fluidos eletroreológicos.

3.4 Diodos Emissores de Luz (LED's)

Os diodos emissores de luz orgânicos apresentam grande número de vantagens em relação aos dispositivos convencionais, como: leveza, flexibilidade, facilidade de síntese, baixa voltagem de aplicação, menor custo. Porém, esses dispositivos apresentam baixas eficiência quântica e estabilidade à umidade e oxigênio. Por essa razão, alternativas são buscadas, constantemente, com o objetivo de minimizar esses problemas (LEE *et al.*, 2003).

Nanocompósitos de MEH-PPV/orgMMT foram sintetizados por Lee *et al.* (2001). Esses híbridos apresentaram elevada eficiência quântica quando em conjunto com uma camada de óxido de estanho e índio (ITO) e outra de alumínio, em relação ao sistema sintetizado sob as mesmas condições na ausência de argila. Pela maior capacidade de confinamento de elétrons/buracos apresentada, esses nanocompósitos se mostraram possíveis candidatos para aplicação em LED's.

Jing *et al.* (2005) sintetizaram nanocompósitos de MEH-PPV/orgMMT com estrutura esfoliada, construíram diodos emissores de luz (LEDs) com camadas ITO/nanocompósito/Al, e avaliaram as suas propriedades em comparação a dispositivos ITO/polímero/Al. Foram observados aumentos significantes tanto na corrente quanto na intensidade da luminescência dos dispositivos com nanocompósitos em relação aos dispositivos poliméricos.

Nanocompósitos de MEH-PPV/argila organofílica com 1, 2 e 5% em peso de argila em relação ao polímero, tiveram a suas características avaliadas para a aplicação em dispositivos emissores de luz (LEDs) compostos por ITO/nanocompósito/Al (LEE *et al.*, 2003). Esses nanocompósitos apresentaram estrutura intercalada e observou-se um maior bloqueio do fluxo de elétrons com o aumento da quantidade de argila, refletindo em uma eficiência quântica, 100 vezes superior ao polímero sozinho. A fotoluminescência dos dispositivos com nanocompósitos também aumentou em 18 vezes, em relação aos dispositivos só com o polímero.

4 CONCLUSÃO

Foi feita uma breve análise na literatura em relação aos nanocompósitos de polímeros condutores com montmorilonita e, em alguns estudos, foram observados aumentos na condução elétrica e luminescência dos mesmos em comparação aos polímeros puros sintetizados nas mesmas condições. Foram propostas pelos autores algumas aplicações tecnológicas para esses materiais, a partir das melhorias de propriedades obtidas em relação aos nanocompósitos comumente utilizados. Em alguns estudos observou-se a diminuição de propriedades elétricas, esta foi atribuída à interrupção do empilhamento das cadeias poliméricas que afeta a transferência de elétrons entre as mesmas. Quanto às demais propriedades, como eletroluminescência, não existe um consenso de como as lamelas de argila interferem nessas propriedades.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, M., DUBOIS, P. (2000). Polymer-layered Silicate Nanocomposites: Preparation, properties and uses of a new class of materials, *Mater. Sci. Eng. Rep.*, v. 28, 1-63.
- ARADILLA, D., et al. (2010). Conducting poly (3,4-ethylenedioxythiophene)-montmorillonite exfoliated nanocomposites, *European Polymer Journal*, 46, 977.
- _____. (2012). Hybrid polythiophene-clay exfoliated nanocomposites for ultracapacitor devices, v. 22, 13110 – 13122.
- BEKRI-ABBES, I., SRASRA, E. (2010a) Characterization and AC conductivity of polyaniline-montmorillonite nanocomposites synthesized by mechanical/chemical reaction, *Reactive & Functional Polymers*. v. 70, 11 – 18 b.
- _____. (2010b). Solid-state synthesis and electrical properties of polyaniline/Cu-montmorillonite Nanocomposite, *Materials Research Bulletin*, v. 45, 1941- 1947 a.
- BLUMSTEIN, A. (1965). Polymerization of adsorbed monolayers: II. Thermal degradation of the inserted polymers, *Journal of Polymer Science part A: Polymer Chemistry*, v. 3, 2665 -2672.

- BRINDLEY, G. W. (1958). *Ions Exchange in Clay Minerals*, Kingery – Ceramic Fabrication Process, New Jersey: John Wiley, 235p.
- CASTAGNO, et al. (2010). Characterization and corrosion protection properties of polypyrrole/montmorillonite electropolymerized onto aluminium alloy 1100, *Journal of Polymer Research*, v. 17, 647 - 655.
- CHOI, H. J., JHON, M. S. (2009). Electrorheology of polymers and nanocomposites, *Soft Matter*, v. 5, 1562 - 1567.
- CLOSS, P., VANDE POEL, D., CAMERLYNCK, J.P. (1973). Thiophene complexes on montmorillonite saturated with different cations. *Nature. Physical Science (London)* v. 243, 54-55.
- COELHO, A. C. V., SOUZA SANTOS, P., SOUZA SANTOS, H. (2007). Argilas especiais: argilas quimicamente modificadas – uma revisão, *Química Nova*, v. 30, 1282 – 1294.
- FANG, F. F., CHOI, H. J., JOO, J. (2008). Conducting Polymer/Clay Nanocomposites and Their Applications, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, v. 8, 1559 - 1581.
- FANG, F. F., LIU, Y. D., CHOI, H. J. (2010). Synthesis and electrorheological characteristics of polyaniline/organoclay nanoparticles via pickering emulsion polymerization, *Smart materials and structures*, v. 19, 124002, 2010.
- HOSSEINI, M. G., et al. (2009). Effect of polypyrrole-montmorillonite nanocomposites powder addition on corrosion performance of epoxy coatings on Al 5000, *Progress in organic coatings*, v. 66, 321- 327.
- JIA, W., et al. (2002). Polyanilina-DBSA/organophilic clay nanocomposites: synthesis and characterization, *Synthetic Metals*, v. 128, 115 - 120 .
- JING, C., et al. (2005). Synthesis and characterization of exfoliated MEH-PPV/clay nanocomposites by in situ polymerization, *European Polymer Journal*, v. 41, 2388 - 2394.
- KALAIVASAN, N.; SHAFI, S.S. (2014). Enhancement of corrosion protection effect in mechanochemically synthesized Polyaniline/MMT clay nanocomposites, *Arab. J. Chem.*, v. 10, S-127 – S-133.
- KASSIM, A., MAHMUD, H. N. M. E., ADZMI, F. (2007) Polypyrrole-montmorillonite clay nanocomposites: an organic semiconductor, *Materials Science in semiconductor processing*, v. 10, 246 - 251.
- KUILA, B. K., NANDI, A. K. (2004). Physical, mechanical, and conductivity properties of poly(3-hexylthiophene)-Montmorillonite clay nanocomposites produced by the solvent casting method, *Macromolecules*, v. 37, 8577 – 8584.

- _____. _____. (2006). Structural hierarchy in melt-processed poly(3-hexylthiophene)/montmorillonite clay nanocomposites: novel physical, mechanical, optical, and conductivity properties, *Journal Physical Chemistry B*, v. 110, 1621-1631.
- KULHÁNKOV et al. (2014). Electrically conductive and optically transparent polyaniline/ montmorillonite nanocomposite thin films, *Thin Solid Films*, v. 562, 319-325.
- LEE, H. C., et al., (2002). Improved environmental stability in poly(p-phenylene vinylene)/layered silicate nanocomposite, *Applied Clay Science*, v. 21, 287 - 293.
- LEE, T. W., et al. (2003). Polymer-layered silicate nanocomposite light-emitting devices, *Advanced Materials*, 13, 211 - 213.
- _____. (2001). Carrier mobilities of polymer_organoclay nanocomposite electroluminescent devices, *Thin Solid Films*, v. 393, 347 - 351.
- MACÊDO-FONSÊCA, J. C. (2009) *Estudo da influência do tipo de argila e polímero na síntese e propriedades de nanocompósitos poliofeno/bentonita*, Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciência dos Materiais, UFPE. 78 p.
- MRAVČAKOVÁ, M., et al., (2006). Montmorillonite/polypyrrole nanocomposites. The effect of organic modification of clay on the chemical and electrical properties, *Materials Science and Engineering C*, v. 26, 306 - 313.
- PELIT, L., et al. (2016). Polythiophene–Clay Composite Solid-Phase Microextraction Fiber: Preparation, Characterization, and Application to the Determination of Methanol in Biodiesel, *Analytical Letters*, v. 49, 896-906.
- PONTES, L. F. B. L, et al. (2013). Gas sensor based on montmorillonite/polypyrrole composites prepared by in situ polymerization in aqueous medium, *Sensors and Actuators B: Chemical*, v. 177, 1115-1121.
- RAJAPAKSE, R. M. G., et al. (2008). Electrically conducting polypyrrole-fuller's earth nanocomposites: their preparation and characterization, *Electrochimica Acta*, 53, 2946 - 2952.
- RAY, S. S., OKAMOTO, M. (2003). Polymer/layered silicate nanocomposite: A review from preparation to processing, *Prog. Polymer Sci.*, v. 28, 1539-1641.
- REENA, V. L., SUDHA, J. D., PAVITHRAN, C. (2009). Role of Amphiphilic Dopants on the Shape and Properties of Electrically Conducting Polyaniline-Clay Nanocomposite, *Journal of Applied Polymer Science*, v. 113, 4066 - 4076.

- RIZVI, T. Z., SHAKOOR, A. (2009). Electrical conductivity and dielectric properties of polypyrrole/Na⁺-montmorillonite (PPy/Na⁺-MMT) clay nanocomposites, *Journal of Applied Physics D: Applied Physics*, v. 42, 095415 .
- SKOTHEIM, T. A., REYNOLDS, J. R. (2007). *Handbook of conducting polymers – Conjugated polymers, theory, synthesis, properties and characterization*, 3. ed, CRC press, Boca Raton, EUA, 1024p.
- SOUZA SANTOS, P. (2009). *Ciência e tecnologia das argilas*, Ed. Edgard Blucher, 1989, v.1, S. Paulo, SP.
- ULTRACKI, L. A. (2010). Clay-containing polymeric nanocomposites and their properties, *Electrical Insulator Magazine*, v. 26, 6 - 15.
- USUKI, A., *et al.* (1993). Swelling Behavior of Montmorillonite Cation Exchanged for V-amino Acids by E-caprolactam, *Materials Research*, v. 8 1174 - 1178.
- WU, Q., *et al.*, (2000). Synthesis and characterization of PAn/clay nanocomposite with extended chain conformation of polyaniline, *Polymer*, v. 41, 2029 - 2032.
- YEH, J. M., CHANG, K. C. (2008). Polymer/layered silicate nanocomposite anticorrosive coatings, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* v. 14, 275–291.
- ZHANG, Y. *et al.* (2013). High corrosion protection of a polyaniline/organophilic montmorillonite coating for magnesium alloys, *Progress in organic coating*, v. 76, 804-811.

Capacitação para Operadores em uma Indústria de Processamento de Materiais Poliméricos

Fernanda da Silva Gomes
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
fsg210@gmail.com

Renata Barbosa Vicente
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
renata.vicente@ufrpe.br

Juliana de Castro Macêdo Fonsêca
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
juliana.fonseca@ufrpe.br

1 INTRODUÇÃO

De acordo com um levantamento recente, realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), a falta de trabalhador qualificado é um problema para 65% das indústrias brasileiras (MARCHESINI & RESENDE, 2013). Com o aumento da competitividade, ocasionado pelo fenômeno da globalização, faz-se necessário cada vez mais que os colaboradores dessas indústrias sejam capacitados a exercer a sua função no processo produtivo (SILVA, 2017).

O processo de capacitação abrange uma série de dificuldades, especialmente pela resistência apresentada por uma parcela considerável dos funcionários. Dentre essas dificuldades podemos citar: Distanciamento por um período muito longo do ambiente escolar, tornando-os relutantes a novas experiências acadêmicas; Retirada dos funcionários de sua rotina e de seu local de trabalho, gerando desconforto e descontentamento; Falta de

homogeneidade das turmas em termos de idade, formação técnica, tempo de empresa e perspectivas profissionais. Todos esses fatores tornam o desenvolvimento de um processo de qualificação do profissional da indústria um processo bem difícil. Os profissionais que trabalham na indústria de processamento de materiais poliméricos no entorno do complexo industrial de SUAPE apresentam nível de instrução muito baixo, em geral com ensino fundamental incompleto, o que faz com que os mesmos não tenham conhecimento técnico sobre os materiais poliméricos.

Neste trabalho, descrevemos os resultados de um curso de capacitação desenvolvido em uma indústria de médio porte de injeção de produtos plásticos situada no complexo de SUAPE. Este curso faz parte de um projeto de extensão, denominado “Interação Universidade x Indústria: Uma Proposta de Capacitação para Funcionários da Indústria de Polímeros”, vinculado à Pró-Reitoria de Extensão da UFRPE. Este projeto tem como principal objetivo dotar pessoas, que trabalham de forma direta ou indireta com materiais poliméricos, de conhecimentos que propiciem a identificação de possíveis problemas durante o processamento. Pretende-se buscar uma maneira de complementar a experiência diária do profissional, através deste aperfeiçoamento técnico, provocado pelo maior entendimento sobre polímeros, aliado a observações empíricas diretas.

Ao término do curso, é esperado o desenvolvimento de um senso crítico nos operadores das indústrias de síntese e processamento de materiais poliméricos, além da possibilidade da aplicação dos conhecimentos adquiridos por meio do projeto, garantindo uma maior precisão e autonomia em suas ações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um dos maiores problemas apontados pelas indústrias brasileiras é a falta de mão de obra qualificada. De acordo com matéria publicada no ano de 2016, o Brasil tem a maior deficiência de trabalhadores qualificados da América Latina (FONSÊCA, 2016). De acordo com Marchesini & Resende (2013), 81% das indústrias resolvem o problema de mão de obra especializada, qualificando o seu profissional dentro da própria indústria. O principal objetivo da capacitação é o desenvolvimento de habilidades e preparação para a execução de determinadas tarefas (CHIAVENATO, 2014).

A necessidade de trabalhadores especializados se justifica, pois a eficácia empresarial e seu progresso estão ligados à existência de mão-de-obra eficiente em todos os setores da empresa. Dessa forma, o desempenho organizacional depende do desempenho individual de cada pessoa. Taylor (1856-1915), o fundador da Administração Científica, já buscava a melhoria das habilidades de cada operário para impulsionar uma melhoria global na empresa. Taylor entendia, ainda, que para a eficiência ser atingida, seriam necessários treinamento e formação sistemáticos (FERREIRA; REIS; PEREIRA, 2002). Recai sobre as mãos e mentes dos operadores a responsabilidade de monitorar e controlar equipamentos. Para tanto, esses profissionais precisam ser capazes de atuar sobre um número crescente e variado de processos.

O surgimento de novas tecnologias passou a exigir dos operadores um novo leque de competências, o que, aliado à impossibilidade dos supervisores em sentenciar todos os comandos a todo tempo, torna incontestável a manutenção de grupos de funcionários competentes e capazes de atuar autonomamente, tanto de forma

individual quanto coletiva (CASALI *et al.*, 2015). Por um lado, as inovações tecnológicas provocaram inúmeras mudanças para a operação das plantas de processo, em virtude da alta competitividade imposta às empresas pelo mundo globalizado. Entretanto, a capacitação dos funcionários não acompanhou essa revolução a ponto de possibilitar que esses tenham condições de construir o conhecimento que proporcione a autonomia ideal para o processo (GALLINA; FLEURY, 2013).

Para o monitoramento de certas etapas de produção, o operador precisa ter um nível máximo de articulação de conhecimentos e competências, já que o trabalho demanda a habilidade de relacionar um grande número de variantes, buscando antecipar problemas e a otimização do processo. Assim, os operadores competentes não ficam limitados a consultar algumas informações, eles passam a poder construir informações e identificar problemas. Por essa característica multifuncional, os treinamentos se fazem tão importantes na indústria, uma vez que ela possibilita a junção do conhecimento profissional e do conhecimento científico.

A principal vantagem associada à capacitação é a efetividade na aplicação de técnicas no controle de qualidade e na melhoria contínua (COSTA; AMARAL, 2016). Nesse ponto, é preciso destacar que as tendências descritas como o grande cenário que caracteriza o mundo do trabalho contemporâneo não podem ser vistas como um processo homogêneo, que acontece no mesmo ritmo, intensidade e características em qualquer parte do mundo (ARAÚJO; ANTIGO, 2016).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O processo metodológico foi iniciado com uma sondagem a respeito das principais dificuldades

enfrentadas pelos operadores na indústria durante a execução do seu trabalho. Colhidos estes primeiros dados, foi feito o planejamento de execução da capacitação, juntamente com a área de recursos humanos e o gerente de produção da indústria. Para isso, consideramos os aspectos organizacionais da empresa e a segurança do trabalho, a fim de que as aulas que ocorressem no chão de fábrica não atrapalhassem a produção e nem fossem um fator de risco àqueles que estivessem envolvidos no momento da capacitação. O treinamento, inicialmente, previa aulas teóricas realizadas semanalmente, durante 2 meses num período de 4 horas por semana, perfazendo uma carga horária de 20 horas e tinha o objetivo de atender a um número de 20 operadores. Uma apostila foi estruturada para auxiliar no processo de aprendizagem da capacitação, contendo todos os assuntos apresentados durante o curso. Após a capacitação, os operadores responderam a um questionário em que classificaram alguns itens com notas de zero, representando péssimo, até cinco, representando ótimo. Este projeto teve o apoio de um docente de Engenharia, um da área de Língua Portuguesa e de um estudante de graduação que contribuíram nas atividades técnicas e elaboração do material de suporte do projeto.

4 RESULTADOS

Apesar de o planejamento inicial prever a execução do curso em um período de dois meses, a capacitação nesta indústria de processamento de polímeros na região de SUAPE foi realizada em um período de parada técnica da produção, ocorrendo em três dias, com aulas diárias de até oito horas. O público do curso foi bastante eclético, pois a empresa achou importante inserir, além dos operadores nesse treinamento, profissionais da área de Logística e de Controle de Qualidade. A formação

dos profissionais envolvidos também foi bem diversificada, desde pessoas com ensino fundamental incompleto até graduados. Além disso, a turma ainda possuía graus hierárquicos diferentes, estando na mesma sala chefes de setores e operadores juniores da linha de produção. Foi necessário, antes de abordar o assunto do curso, apresentar uma introdução com conceitos fundamentais de Química, importantes para o entendimento dos assuntos relativos aos materiais poliméricos.

O aluno operador apresenta, de maneira geral, um comportamento diferente do aluno tradicional. Seus objetivos, muitas vezes, podem não envolver uma etapa de aprendizado. Além disso, a sua experiência prática lhe dá a segurança necessária para desenvolver seu trabalho com competência, o que, a princípio, lhe basta. Nesse cenário, uma capacitação só tem sentido e é aceita quando está diretamente associada ao serviço que executa, e com profissionais que tenham uma grande vivência prática no assunto. Durante o processo, foi possível observar que as aulas teóricas enfrentaram uma resistência inicial, principalmente, pelos profissionais mais antigos e, portanto, com experiências acadêmicas mais distantes. Todo o desconforto inicial conseguiu ser ultrapassado logo em seu primeiro dia, quando os operadores conseguiram correlacionar os conceitos apresentados com as suas rotinas de trabalho. Entretanto, para alguns operadores, especialmente aqueles que tinham baixo grau de instrução, observou-se uma maior resistência à capacitação. Percebeu-se, posteriormente, que esses profissionais apresentavam problemas de autoestima e através de alguns relatos, apresentados ao fim do curso, verificou-se que se sentiam incapazes de absorver os conhecimentos transmitidos. Outros fatores que possivelmente

contribuíram para gerar o bloqueio inicial podem estar relacionados com o deslocamento do grupo de sua rotina e de seu local de trabalho, a falta de homogeneidade das turmas em termos de idade, formação técnica, tempo de empresa e perspectivas profissionais. Tal como discutido no início do artigo, essas são questões que naturalmente podem ocorrer nas iniciativas de educação continuada.

Ao fim do curso, os participantes o avaliaram de maneira bastante positiva e foi possível observar um elevado grau de aproveitamento dos mesmos. Esperam-se, em longo prazo, aumentos de produtividade e melhorias de qualidade do produto produzido. Em curto prazo, verificou-se uma melhora na autoestima dos profissionais e do ambiente laboral. A realização de um curso de capacitação sobre materiais poliméricos mostrou que o seu sucesso está atrelado a um conjunto de fatores que, a princípio, não estavam claros. A experiência convencional de quem ministra uma aula na graduação mostra a importância da motivação das turmas através da associação dos conceitos básicos, muito necessários para a formação de um bom engenheiro. Esse aspecto, associado a uma boa didática e a uma infraestrutura adequada, resulta na satisfação dos graduandos e no alcance das metas de aprendizagem por parte dos professores.

A nova experiência, agora voltada, exclusivamente, para profissionais, mostrou que o alcance da satisfação destes alunos e das metas de aprendizagem, inicialmente estabelecidas, depende de outros fatores. A falta de homogeneidade da turma, por exemplo, se mostrou um fator impeditivo do melhor aproveitamento por parte dos profissionais, tanto em termos de escolaridade, mas, principalmente, de diferenças hierárquicas. Foi possível observar que os operadores mais novos se sentiam constrangidos de fazerem algum

questionamento na presença do seu supervisor. Assim, para garantir um melhor aproveitamento da capacitação por parte dos operadores, alguns ajustes precisam ser executados. O primeiro desses ajustes seria iniciar os módulos com a parte experimental para, em seguida, discutir a teoria, diretamente associada aos mesmos. Um trabalho anterior, no qual os próprios operadores mostrariam, *in loco*, suas atividades aos professores, poderia também auxiliar no estabelecimento da estratégia do curso e minimizaria a distância que, normalmente, se estabelece entre professor e aluno nesses cursos. Além disso, a formação de turmas mais homogêneas também contribuiria para o êxito do curso.

5 CONCLUSÕES

A capacitação sobre materiais poliméricos aplicada em uma indústria de processamento de polímeros de médio porte na região de SUAPE ocorreu de maneira exitosa. A primeira experiência foi avaliada como muito bem sucedida frente à empresa, alunos e instrutores, verificando-se uma melhora no senso crítico e, principalmente, na autoestima dos operadores envolvidos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. P. F.; ANTIGO, M. F. (2016). Desemprego e qualificação da mão de obra no Brasil. *Revista de Economia Contemporânea*, [s.l.], v. 20, n. 2, p.308-335.
- CASALI, A. L. et al. Nível de capacitação e informação dos operadores de máquinas para a aplicação de agrotóxicos. *Ciência Rural*, [s.l.], v. 45, n. 3, p.425-431, mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20121099>.
- CHIAVENATO, I. (2014) *Introdução à teoria Geral da Administração*. 9. ed. São Paulo: Manole, 2014. 668 p.
- COSTA, F. M.; AMARAL, A. S. (2016). Arranjos produtivos locais como estratégia neodesenvolvimentista e o papel da Qualificação Profissional. *Revista em Pauta*, v. 13, n. 36, p.17-43.

- FERREIRA, A. A., REIS, A. C. F., PEREIRA, M. I. (2002). *Gestão empresarial: de Taylor aos nossos dias: evolução e tendência da moderna administração de empresas*, São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 256 p.
- FONSÊCA, A. (2016). Dificuldade maior é encontrar profissionais em rede. *Valor Econômico*. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/4713601/dificuldade-maior-e-encontrar-profissionais-qualificados-em-rede>>. Acesso em: 19/04/2017.
- GALLINA, R., FLEURY, A. (2013). A capacitação tecnológica na empresa: a função da Tecnologia Industrial Básica (TIB). *Gestão & Produção*, v. 20, n. 2, p.405-418.
- HISTÓRICO de Suape. (2015). Disponível em: <<http://www.suape.pe.gov.br/pt/institucional/historico-de-suape>>. Acesso em 22/11/2015.
- MARCHESINI & RESENDE, (2013). Para 65% da indústria falta trabalhador qualificado, aponta CNI, *Valor Econômico*. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/3319166/para-65-da-industria-falta-trabalhador-qualificado-aponta-cni>>. Acesso em 13 de abril, 2017.
- MARTINS, S. N. *et al.* (2015). A contribuição da extensão na formação de universitários: um estudo de caso, *Revista NUPEM*, v. 7, n. 12, 193-207.
- SILVA, G. J., *et al.* (2017) Educação corporativa: Uma reflexão sobre a absorção, criação, disseminação e retenção de conhecimentos nas organizações, *Revista Espacios*, v. 38, n. 20, 36 – 46.
- TAYLOR, F. W. (2010). *Princípios de administração científica*, 8. ed. São Paulo: Atlas, 103 p.

Impacto do Comportamento Transitório de Transformadores para Instrumentos em Algoritmos de Proteção e Localização de Faltas

Igor Monteiro Bezerra Ulisses
UFCG, Campina Grande, Brasil,
igor.ulisses@ee.ufcg.edu.br

Raphael Leite de Andrade Reis
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
raphael.reis@ufrpe.br

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com o aumento da demanda de energia elétrica, decorrente do desenvolvimento social e industrial, os sistemas elétricos de potência têm se tornado, cada vez mais complexos no intuito de suprir a demanda exigida, acarretando em linhas de transmissão (LT), cada vez mais extensas. Toda essa evolução fez com que os sistemas de potência ficassem mais suscetíveis a problemas de natureza mecânica, elétrica e térmica (REIS, 2015). Para proteger os sistemas elétricos de possíveis danos, como no caso de curtos-circuitos e descargas atmosféricas, faz-se necessário o uso de sistemas de proteção, localização e monitoramento contra faltas ou outros distúrbios que, por ventura, venham a prejudicar o funcionamento da rede elétrica, levando, em alguns casos, à interrupção do fornecimento de energia.

Os sistemas de proteção são, basicamente, compostos por dispositivos de medição, como os transformadores para instrumentos (TI), por relés digitais e disjuntores. Pelo fato de os sinais de tensão e corrente dos

sistemas elétricos apresentarem amplitudes elevadas o suficiente para impossibilitarem medições diretamente em seus terminais, o que poderia acarretar em sérios danos aos dispositivos de monitoramento e proteção, os TIs são utilizados com o objetivo de fornecer réplicas da tensão e corrente do sistema elétrico a níveis seguros de serem usados em relés digitais, além de promoverem o isolamento elétrico entre os equipamentos de proteção conectados em seus terminais secundários e o sistema de potência (FERNANDES JR., 2003; NAODOVIC, 2005; MACHADO, 2013).

Os algoritmos de proteção e localização de faltas utilizam, como dados de entradas, os sinais de tensão e corrente dos TIs para executarem seus devidos processamentos, como determinar se um curto-circuito está ou não dentro de uma zona de atuação da proteção, bem como para estimar o local em que a falta ocorreu. Os sinais de tensão são fornecidos aos relés digitais por meio dos transformadores de potencial (TP) ou dos transformadores de potencial capacitivos (TPC). A distinção entre o uso de TP ou TPC depende, normalmente, do nível de tensão do sistema elétrico. Por fins econômicos, os TPC são, preferencialmente, usados para tensões superiores a 138 kV, enquanto que os TPs são usados para tensões inferiores a tal limite (D'AJUZ *et al.*, 1985). Por outro lado, os sinais de corrente são fornecidos aos equipamentos de proteção por meio dos transformadores de corrente (TC).

Durante regime permanente de operação, os TIs apresentam precisão aceitável para a maioria das aplicações de proteção. Entretanto, durante a ocorrência de faltas nos sistemas elétricos, componentes transitórias não presentes nos sinais primários de tensão e corrente podem surgir nos sinais secundários fornecidos pelos TIs devido a

seus comportamentos transitórios, fazendo com que informações falsas sejam transmitidas aos relés de proteção (FERNANDES Jr., 2003; PAJUELO *et al.*, 2008). Deste modo, tais informações falsas oriundas do comportamento transitório de modelos de TPCs e TCs podem comprometer o desempenho de algoritmos de proteção e localização de faltas, temas estes que serão abordados neste capítulo.

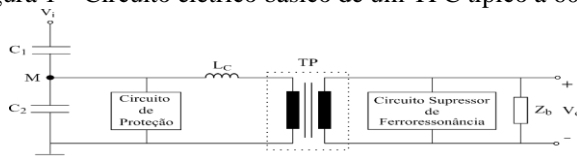
2 TOPOLOGIA DOS TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTOS

Os TPCs e TCs são dispositivos projetados para alimentarem instrumentos elétricos de medição, proteção ou controle, sendo o enrolamento primário do TPC ligado em derivação com o sistema e o enrolamento primário do TC conectado em série com a rede elétrica.

2.1 Transformador de Potencial Capacitivo

Na figura 1, é ilustrado um esquema elétrico básico de um TPC típico na frequência industrial (60 Hz), no qual C_1C_1 e C_2C_2 representam dois conjuntos de elementos capacitivos necessários para realizar a divisão de tensão entre o sistema elétrico e o ponto intermediário (representado na figura 1 pelo ponto M). Normalmente, a tensão no ponto M encontra-se na faixa entre 10 e 20 kV. Dessa forma, é possível usar um TP de dimensões reduzidas conectado ao ponto M devido à menor isolação requerida. Esse TP é responsável pela redução da tensão do ponto intermediário para tensão secundária, V_0V_0 , a fim de alimentar os equipamentos de proteção e controle conectados nesses terminais (FERNANDES JR., 2003; MACHADO, 2013).

Figura 1 – Circuito elétrico básico de um TPC típico a 60 Hz.



Fonte: (FERNANDES JR., 2003)

No intuito de minimizar os desvios de fase impostos pela coluna capacitiva, um reator de compensação é projetado pelo fabricante de modo a se formar um circuito ressonante (FERNANDES JR., 2003). Esse dimensionamento é feito através da equação (1):

$$\omega \cdot L_c = \frac{1}{\omega \cdot (C_1 + C_2)}, \quad (1)$$

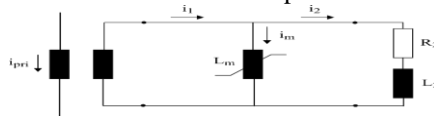
Sendo: L_c o reator de compensação e ω a frequência angular em rad/s.

Em algumas situações, as capacitâncias do circuito do transformador podem entrar em ressonância com algum valor de indutância não linear dos elementos que possuem núcleo ferromagnético. Essa interação pode dar origem ao fenômeno da ferroressonância, o qual, por gerar sobretensões e correntes destrutivas que poderiam ser repassadas aos instrumentos de medição e proteção, não podem ser admitidos em um TPC. De modo a minimizar o impacto deste fenômeno, um circuito supressor de ferroressonância é utilizado, conforme ilustrado na figura 1. Além disso, um centelhador ou um pararraios de óxido de zinco é, normalmente, usado para proteger o TPC contra sobretensões oriundas do sistema elétrico (FERNANDES JR., 2003).

2.2 Transformador de Corrente

O circuito elétrico simplificado de um TC é apresentado na figura 2, em que R_2 e L_2 correspondem, respectivamente, a resistência e a indutância de dispersão do enrolamento secundário, L_m consiste na indutância não linear do circuito de magnetização do dispositivo. A corrente do secundário do TC (i_2) consiste em uma réplica da corrente do sistema elétrico (i_{pri}), sendo uma parcela de i_{pri} requerida para magnetizar o núcleo ferromagnético do equipamento, a qual é denominada de corrente de magnetização (i_m) (GUERRA, 2007). A corrente disponibilizada aos dispositivos de proteção e controle é i_2 , conforme mostrado na figura 2.

Figura 2 – Circuito elétrico simplificado de um TC.



Fonte: (GUERRA, 2007)

3 RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DOS TRANSFORMADORES PARA INSTRUMENTOS

Os transformadores para instrumentos devem reproduzir em seus terminais secundários réplicas fiéis da corrente, no caso do TC, e da tensão, no caso do TPC, do enrolamento primário conectado ao sistema elétrico. Durante operação em regime permanente, os sinais secundários de tensão e corrente são praticamente réplicas dos sinais primários, apresentando precisão aceitável para a maioria das aplicações de proteção de sistemas elétricos.

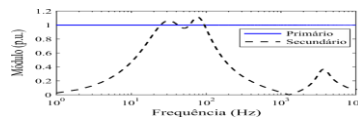
Contudo, durante distúrbios na rede elétrica, como em casos de faltas ou manobras decorrentes de operações de chaveamento, componentes de baixa e alta frequência são introduzidos nos sinais primários. Tais componentes podem não estar fielmente representados nos sinais secundários, devido ao comportamento transitório dos TIs. Assim, informações incorretas podem ser transmitidas aos relés digitais, podendo comprometer o desempenho dos algoritmos de proteção e localização de faltas (FERNANDES JR., 2003; PAJUELO *et al.*, 2005; REIS *et al.*, 2016).

Na figura 3, a resposta em frequência de um modelo de TPC de 230 kV (IEEE, 2005) é ilustrada. Os sinais de tensão primário e secundário foram normalizados em valores por unidade (p.u.) para possibilitar análises comparativas. Nota-se que, da figura 3, a tensão secundária é uma réplica da tensão primária (1 p.u.) na frequência fundamental (60 Hz). No entanto, para baixas e altas frequências que possam aparecer no sinal primário, a tensão secundária apresentará uma atenuação considerável em relação à tensão primária. Deste modo, este comportamento transitório apresentado pelo TPC, ilustrado pela sua respectiva resposta em frequência (ver figura 3), pode acarretar na transferência de informações não presentes nos sinais primários para os equipamentos conectados em seus terminais secundários.

A resposta em frequência de um modelo de TC reportado em IEEE (2005) é ilustrada na figura 4. Percebe-se, da figura 4, que as correntes primária e secundária do TC estão sobrepostas ao longo de todo o espectro de frequência considerado (1 Hz – 10 kHz). Desta forma, os sinais de corrente secundários tendem a seguir, fielmente, os seus respectivos sinais primários. Vale salientar que, neste capítulo, será considerado apenas os casos em que o

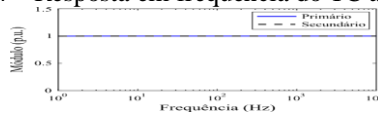
fluxo magnético no núcleo ferromagnético do TC opera na região linear da curva de magnetização. Caso o TC venha a operar em condições de saturação, a corrente secundária tenderia a se apresentar de forma completamente distorcida em relação à corrente do sistema elétrico (NAODOVIC, 2005; GUERRA, 2007; REIS *et al.*, 2016). Como casos de saturação de TC, raramente ocorrem em sistemas de alta tensão, esta abordagem não será retratada neste capítulo.

Figura 3 – Resposta em frequência do TPC analisado.



Fonte: Autores da pesquisa (2017)

Figura 4 – Resposta em frequência do TC analisado.



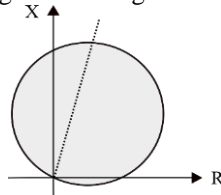
Fonte: Autores da pesquisa (2017)

4 PROTEÇÃO DE DISTÂNCIA

Relés de distância são largamente utilizados para proteção de linhas de transmissão, sendo seus funcionamentos dependentes dos fasores de tensão e corrente medidos pelo relé digital. Desse modo, a operação correta e confiável dos elementos de proteção de distância recai sobre medições precisas dos sinais de tensão e corrente oriundos dos TPC e TC, respectivamente. O princípio de funcionamento da proteção de distância consiste na determinação da impedância de sequência positiva da LT compreendida

entre o ponto de instalação do relé e o ponto de ocorrência do curto-circuito. Basicamente, compara-se a impedância medida pelo relé com a impedância do trecho a ser protegido e, caso a impedância medida pelo dispositivo de proteção seja menor que impedância do trecho da LT, a falta é detectada e o relé emite um sinal de *trip* para o disjuntor (PHADKE & THORP, 2009; SILVA *et al.*, 2012; MACHADO, 2013). As características dos relés de distância são representadas por figuras geométricas em um diagrama de impedâncias, denominado de diagrama R-X, o qual é ilustrado na figura 5. A escolha da figura geométrica depende de um estudo do comportamento do sistema elétrico a ser protegido e das características do relé a ser utilizado.

Figura 5 – Diagrama R-X.



Fonte: Autores da pesquisa (2018).

Para faltas ocorridas muito distantes dos relés, devido a erros de medição, como os apresentados pelo comportamento transitório do TPC, e de imprecisões nos parâmetros da LT, é comum que aconteçam erros nas estimativas do ponto de localização de falta. Isso poderia levar um relé a atuar para faltas fora da sua zona de atuação (sobrealcançar) ou não atuar para faltas dentro da zona protegida (subalcançar). Para atenuar esse problema, usualmente, as zonas de proteção são ajustadas, em média, em 80% a 85% da LT (primeira zona), sendo o restante da

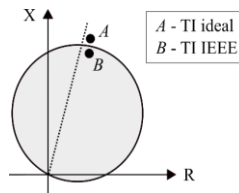
LT protegida em segunda zona ajustada, normalmente, em 120% da impedância da LT (SILVA *et al.*, 2012).

Com vistas a distinguir situações de operação normal ou de distúrbios nas LT, comparadores de módulo e de fase são, normalmente, utilizados nos relés de distância. Os parâmetros dos comparadores determinam a forma, o tamanho e a posição da característica de operação do relé no diagrama R-X (SILVA *et al.*, 2012; MACHADO, 2013). A característica de operação mho, correspondente a um círculo no diagrama R-X (ver figura 5), é comumente reportada pela sua simplicidade e, por isso, será aqui abordada. Ilustrando a influência do comportamento transitório dos TIs sobre o desempenho do relé de distância com característica mho, simulações de falta foram realizadas no *software Alternative Transients Program* (ATP) (LEUVEN EMTP CENTER, 1987).

Para tanto, considerou-se um sistema elétrico de potência de 230 kV, sistema este descrito na seção 5.2, cuja LT possui 200 km de extensão e a primeira zona de proteção foi ajustada em 80% da LT (160 km). Considere o cenário de um curto-circuito trifásico situado a 80,5% da LT (161 km), isto é, fora da zona de alcance do relé, mas bem próxima ao limite de primeira zona, com resistência de falta de 1Ω e ângulo de incidência igual a 90° . A atuação da proteção é avaliada considerando dois cenários: o cenário *A* em que se utilizou TPC e TC ideais para fornecer os sinais de tensão e corrente secundários, respectivamente, ao relé (situação ideal em que os sinais secundários são réplicas fiéis dos sinais primários); e o cenário *B*, onde a tensão secundária é fornecida pelo TPC reportado em IEEE (2005), cuja resposta em frequência pode ser visualizada na figura 3, e a corrente secundária é provida pelo TC também reportado em IEEE (2005), cuja resposta em frequência foi apresentada na figura 4. Os

pontos de impedância medidos no período de falta para ambos os cenários são ilustrados no diagrama R-X da figura 6.

Figura 6 – Desempenho da proteção de distância considerando diferentes TI.



Fonte: Autores da pesquisa (2018)

Nota-se que, da figura 6, quando da utilização dos TIs ideais no cenário *A*, é possível visualizar que a proteção atuaria corretamente, haja vista que a impedância medida pelo relé encontra-se fora do limite de primeira zona. Por outro lado, no cenário *B*, ao utilizarem-se os modelos de TI reportados em IEEE (2005) para fornecer os sinais secundários ao dispositivo de proteção, percebe-se que o relé atuou incorretamente em primeira zona, dado que a falta ocorreu em segunda zona. Nesta situação, diz-se que o relé atua de maneira sobrealçada, ou seja, atua para uma falta fora de sua primeira zona de proteção.

No cenário *B*, o TPC foi decisivo para que o esquema de proteção de distância operasse de maneira incorreta. Isso se justifica pelo fato de que a tensão secundária fornecida pelo TPC ao relé apresenta informações não presentes na tensão primária, uma vez que componentes transitórios de baixa e alta frequência são atenuadas pelo TPC (ver figura 3). Sendo assim, o dispositivo de proteção não faz a leitura correta da tensão do sistema, o que pode comprometer o seu desempenho.

5 MÉTODOS DE LOCALIZAÇÃO DE FALTAS

É importante que, logo após a ocorrência de um distúrbio no sistema elétrico, o local da falta seja estimado com precisão suficiente para auxiliar as equipes de manutenção e operação das concessionárias de energia a agirem de forma mais rápida possível, minimizando ao máximo os danos que podem ser causados aos equipamentos do sistema de potência. Os algoritmos de localização de faltas são, normalmente, classificados nas seguintes categorias: métodos baseados em componentes fundamentais; métodos baseados em componentes de alta frequência; métodos baseados em inteligência artificial; e métodos baseados na teoria de ondas viajantes (SAHA *et al.*, 2010). Alguns algoritmos baseados na teoria de ondas viajantes e em componentes fundamentais serão aqui retratados.

5.1 Algoritmos Baseados na Teoria de Ondas Viajantes

Após a ocorrência de uma falta em uma LT, ondas viajantes de tensão e corrente trafegam por toda a extensão do sistema elétrico, sendo refletidas e/ou refratadas nos pontos de discontinuidades até que os transitórios sejam completamente amortecidos e o regime de operação de pós falta seja atingido. Para estimar o local de ocorrência do curto-circuito, os métodos de localização de faltas baseados na teoria de ondas viajantes dependem, fundamentalmente, da identificação dos primeiros instantes em que as ondas de tensão e corrente incidem nos terminais monitorados do sistema elétrico (SAHA *et al.*, 2010; REIS, 2015).

As técnicas baseadas em ondas viajantes podem

ser classificadas de acordo com o número de terminais da LT que são monitorados. O método em que apenas um terminal da LT é monitorado apresenta a vantagem de não necessitar da sincronização de tempo entre os terminais local e remoto da LT. No entanto, esta técnica necessita monitorar as ondas refletidas no ponto de falta, as quais podem ser confundidas com ondas refletidas ou até mesmo refratadas em algum outro ponto do sistema. Já o algoritmo de dois terminais necessita de sincronização de dados entre os terminais local e remoto da LT, a qual é, normalmente, realizada via *Global Positioning System* (GPS). Apesar da necessidade de sincronização, este método é reportado como mais robusto e confiável, sendo seu funcionamento, baseado na detecção dos instantes em que as primeiras ondas viajantes incidem nos terminais monitorados, não dependendo, portanto, da identificação de ondas refletidas e/ou refratadas (SAHA *et al.*, 2010). Considerando o método de dois terminais, o local da falta pode ser estimado de acordo com a equação (2) (Gale *et al.*, 1993):

$$d = \frac{\Delta + (t_1 - t_2) \cdot v}{2}, \quad (2)$$

Sendo: Δ o comprimento da LT, t_1 e t_2 os instantes em que as ondas viajantes atingem os terminais local e remoto, respectivamente, e v a velocidade de propagação das ondas viajantes no modo aéreo.

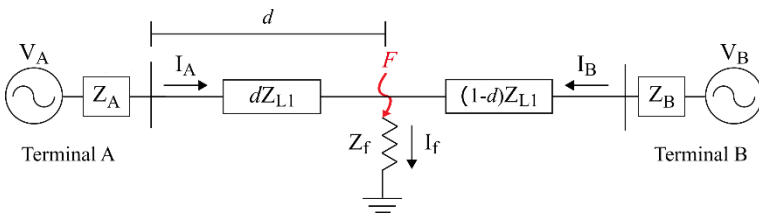
5.2 Algoritmos Baseados em Fasores Fundamentais

Devido à sua aplicação simples, muitos algoritmos baseados em fasores fundamentais são usados para estimar os pontos de falta em sistemas elétricos de potência. O princípio básico de funcionamento dessas técnicas reside

na estimação da impedância entre o terminal monitorado da LT e o ponto de ocorrência de falta (DAS *et al.*, 2014).

Os algoritmos de localização de faltas baseados em fasores fundamentais são também classificados de acordo com o número de terminais monitorados. Neste capítulo, serão retratados dois métodos de um terminal. Considere o sistema elétrico ilustrado na figura 7 para auxiliar no cálculo da distância de falta (d) em relação ao terminal A. A impedância de sequência positiva da LT é $Z_{L1}Z_{L1}$, dada em Ω/km .

Figura 7 – Sistema Elétrico de Potência.



Suponha uma falta de impedância Z_fZ_f aplicada no ponto F do sistema apresentado na figura 7. Do ponto de vista do terminal A, a impedância medida entre o terminal e o ponto de falta consiste apenas em uma fração de $Z_{L1}Z_{L1}$, isto é, a impedância medida é proporcional à distância d ($dZ_{L1}dZ_{L1}$). Aplicando a lei de Kirchhoff a partir do terminal A, tem-se:

$$V_A = dZ_{L1}I_A + Z_fI_f, \quad (3)$$

em que V_AV_A e I_AI_A são os fasores de tensão e corrente no terminal A, respectivamente, I_fI_f é a corrente de falta que recebe contribuições das correntes advindas de ambas as fontes.

Dividindo-se a equação (3) por $I_A I_A$, obtém-se:

$$Z_{\text{aparente}} = dZ_{L1} + Z_f \left(\frac{I_f}{I_A} \right), \quad (4)$$

Os métodos de um terminal baseados em componentes fundamentais utilizam a equação (4) para estimar o ponto de falta.

5.2.1 Método da Reatância Simples

Para resolver a equação (4), o método da Retância Simples considera que a impedância de falta, $Z_f Z_f$, é puramente resistiva e que as correntes $I_f I_f$ e $I_A I_A$ estão em fase, de tal modo que o termo $R_F \left(\frac{I_f}{I_A} \right) R_F \left(\frac{I_f}{I_A} \right)$ é simplesmente um número real. Deste modo, equacionando apenas a parte imaginária da equação (4), obtém-se:

$$d = \frac{\text{imag} \left(\frac{V_A}{I_A} \right)}{\text{imag}(Z_{L1})}. \quad (5)$$

Caso as correntes $I_f I_f$ e $I_A I_A$ não estejam em fase, como considerado anteriormente, o desempenho do Método da Reatância Simples pode ser comprometido. As causas de defasamento entre as correntes em questão podem ser o próprio carregamento do sistema elétrico ou

caso o sistema seja não homogêneo³ (DAS *et al.*, 2014).

5.2.2 Método de Takagi

O método de Takagi divide o fenômeno transitório em dois estágios: pré-falta e falta. Dessa forma, a técnica de superposição é usada para achar uma corrente que esteja em fase com a corrente $I_f I_f$ da equação (3):

$$I_{\text{sup}} = I - I_{\text{pré}}, \quad (6)$$

em que I corresponde à corrente do estágio de falta, enquanto que $I_{\text{pré}}$ é a corrente de pré-falta (ZIMMERMAN & COSTELLO, 2010). Multiplicando o conjugado da corrente encontrada em (6) em ambos os lados da equação (3) e equacionando apenas as componentes imaginárias, tem-se que:

$$\text{imag}(V_A I_{\text{sup}}^*) = \text{imag}(d Z_{L1} I_A I_{\text{sup}}^*) + \text{imag}(Z_f I_f I_{\text{sup}}^*). \quad (7)$$

A componente imaginária do termo $\text{imag}(Z_f I_f I_{\text{sup}}^*)$ em (7) é nula. Esta simplificação é realizada pelo fato de que o método considera que $I_f I_f$ e $I_{\text{sup}} I_{\text{sup}}$ estão em fase, ou seja, o termo $Z_f I_f I_{\text{sup}}^* Z_f I_f I_{\text{sup}}^*$ é um número real. Dessa forma, tem-se:

$$d = \frac{\text{imag}(V_A I_{\text{sup}}^*)}{\text{imag}(Z_{L1} I_A I_{\text{sup}}^*)}. \quad (8)$$

³ Sistema não homogêneo é um sistema onde a impedância dos alimentadores não possui o mesmo ângulo de fase da impedância da linha de transmissão.

5.2.3 Impacto dos TIs sobre o Desempenho dos Métodos de Localização de Falhas Avaliados.

Utilizando o *software* ATP, vários cenários de falta foram simulados no sistema elétrico de potência, ilustrado na figura 7, cujos parâmetros estão descritos em Reis (2015). Considerou-se a LT com comprimento de 200 km. A cada simulação, o ponto de ocorrência do curto-circuito, o ângulo de incidência do distúrbio, a resistência e o tipo de falta foram variados, gerando, assim, uma base de dados para verificar o impacto dos TI sobre o desempenho dos algoritmos de localização de faltas avaliados. As variáveis de simulação são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis de simulação

Variáveis de Simulação	Valores
Local da falta (km)	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175
Tipo de falta	AT, BT, CT, AB, BC, CA, ABT, BCT, CAT, ABC
Resistência de falta (Ω)	0.1, 1, 7
Ângulo de incidência de falta ($^\circ$)	0, 30, 60, 90, 120, 150, 180

Fonte: Autores da pesquisa (2018)

Um total de 1470 cenários de falta foram simulados, considerando os sinais secundários de tensão e corrente provenientes de TI ideais (sinais de referência) como dados de entrada dos algoritmos de localização de faltas, assim como o mesmo número de simulações foram realizadas, considerando os sinais secundários oriundos dos TIs reportados em IEEE (2005) como dados de entrada das rotinas de localização. Após cada simulação, o local do defeito é estimado e comparado com o valor real de aplicação (ver valores na tabela 1), sendo o erro

calculado. Uma função erro é gerada ao fim do processamento de todos os cenários de distúrbios, de tal modo que o valor médio da função erro e seu desvio padrão são calculados, os quais estão dispostos na tabela 2

Tabela 2 – Influência do comportamento transitório dos TIs sobre os algoritmos de localização de faltas avaliados

Erro relativo	Sinais monitorados	Método baseado em ondas viajantes	Método da Reatância Simples	Método de Takagi
Erro médio	TI ideais	0,521	0,912	0,813
	TI IEEE	0,597	1,078	1,014
Desvio padrão	TI ideais	0,635	0,988	0,902
	TI IEEE	0,612	0,957	0,898

Fonte: Autores da pesquisa (2018)

Dos resultados dispostos na tabela 2, nota-se que, independente da técnica de localização de falta analisada, o desempenho dos algoritmos avaliados são piores quando os sinais secundários provenientes dos TIs reportados em IEEE (2005) são utilizados como dados de entrada dos métodos em relação ao desempenho obtido com os sinais de referência (sinais secundários obtidos dos TIs ideais), sobretudo, devido à influência do TPC em análise. De fato, a tensão secundária fornecida pelo TPC não corresponde a uma réplica fiel da tensão primária para frequências diferentes de 60 Hz (ver figura 3), fazendo com que componentes de frequência não presentes na tensão primária sejam transmitidas para os algoritmos de localização.

REFERÊNCIAS

- D'AJUZ, A., RESENDE, F. M., CARVALHO, F. M., NUNES, I. G., FILHO, J. A., DIAS, L. E., MORAIS, S. d. (1995). *Equipamentos Elétricos, especificação e aplicação em subestações de alta tensão*. Rio de Janeiro: Furnas.
- DAS, S., SANTOSO, S., GAYKWAD, A., & PATEL, A. M. (2014). Impedance-Based Fault Location in Transmission Network : Theory and Application . *IEEE Access* , 537-557.
- FERNANDES JR, D. (2003). *Modelo de Transformadores de Potencial Capacitivo para Estudo de Transitórios Eletromagnéticos*. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande.
- GALE, P.; CROSSLEY, P.; BINGYIN, X.; YAOZHONG, G.; CORY, B.; BARKER, J. (1993) Fault location based on travelling waves. In: *Fifth International Conference on Developments in Power System Protection*, p. 54-59.
- GUERRA, F. d. (2007). *Modelos de Transformador de Corrente para Estudos em Baixas frequências*. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande..
- IEEE Power System Relaying Committe (2005). *EMTP Reference Models for Transmission Line Relay Testing* .
- LEUVEN EMTP CENTER. (1987). *ATP - ALternartive Transients Program: Rule Book*. Heverlee.
- MACHADO, E. P. (2013). *Compensação Dinâmica dos Transitórios de Baixa Frequência de Transformadores de Potencial Capacitivos para Otimização da Proteção de Linhas de Transmissão*. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande.
- NAODOVIC, B. (2005) *Influence of instrument transformers on power system protection*, Dissertação de Mestrado, Texas A&M University.
- PAJUELO, E.; RAMAKRISHNA, G.; SACHDEV, M. S. (2008) Phasor Estimation Technique to Reduce the Impact of Coupling Capacitor Voltage Transformer Transients, *IET Generation, Transmission & Distribution*, v. 2, n. 4, p. 588-599.
- PHADKE, A. G., & THORP, J. S. (2009). *Computer Relaying for Power Systems* . Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

REIS, R. L. A. (2015). *Influência de Transformadores de Potencial Capacitivo e Filtros Anti-Aliasing Sobre Métodos de Localização da Falta Baseados na Teoria de Ondas Viajantes*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande.

_____. NEVES, W. L., Jr, D. FERNANDES JR., LOPES, F. V. (2016). *Influência dos Transformadores para Instrumento e Filtros Anti-Aliasing Sobre Localizadores de Falta Baseados na Teoria de Ondas Viajantes*. *Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - SBSE*, Brasil.

SAHA, M. M.; IZYKOWSKI, J.; ROSOŁOWSKI, E. (2010) *Fault Location on Power Networks*. London: Ed. Springer. ISBN 978-1-84882-885-8.

SILVA, K. M., SILVA, C. A., LOPES, F. V., Jr., D. F., NEVES, W. L., COUTINHO, P. R., OTTO, R. B. (2012). *Avaliação do Impacto da Correção da Tensão Secundária de Transformadores de Potencial Capacitivo Sobre a Proteção à Distância*. *XIX Congresso Brasileiro de Automática – CBA*, Brasil.

ZIMMERMAN, K., & COSTELLO, D. (2010). Impedance-Based Fault Location Experience . *Journal of Reliable Power*, 1-27.

Fundamentação Teórica para Tecnologia Solar Térmica por Dupla Reflexão com Uso de Aplanático

Emerson Torres Aguiar Gomes
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
emerson.torres@ufrpe.br

Naum Fraidenaich
UFPE, Recife, Brasil,
naumfraiden2@gmail.com

Olga de Castro Vilela
UFPE, Recife, Brasil,
Ocv.olga@gmail.com

Luiz Homero Câmara Medeiros
UFPE, Recife, Brasil,
lhcm@uol.com.br

1 INTRODUÇÃO

Diante da finitude e da, já atual, escassez de combustíveis fósseis, somada à crescente demanda por energia, a geração de energia, a partir de fontes alternativas e renováveis, como é o caso da energia solar, é o caminho por onde devem ser direcionadas as pesquisas e os esforços da comunidade acadêmica. O Brasil, e mais especificamente a região Nordeste, por ter uma localização próxima à linha do Equador, apresenta características extremamente favoráveis ao uso da radiação solar como fonte de energia. O uso de fontes alternativas de energia é fundamental para o país, que tem em sua matriz energética cerca de 65% proveniente de hidrelétricas (ANEEL, 2016) e, conseqüentemente, dependente de precipitações

pluviométricas. É essencial para a estabilidade energética do Brasil, a diversificação de sua matriz energética. Sendo assim, a energia solar apresenta-se como uma alternativa viável, renovável para suportar o crescimento do país e a constante e crescente demanda por energia elétrica. Dentre as formas de utilização de energia solar, existe a geração de energia solar fotovoltaica e a solar térmica.

O presente trabalho visa a fornecer embasamento teórico para geração solar termoeleétrica por meio de dupla reflexão. Quando se busca concentração solar por meio de concentração de fluxo, busca-se alcançar temperaturas elevadas para aumentar a eficiência na conversão termoeleétrica. Em concentradores solares térmicos, a temperatura alcançada é essencial para a eficiência da conversão solar térmica em elétrica, dependendo, fundamentalmente, da configuração proposta para a conversão. Há diversas configurações que geram energia elétrica a partir da geração solar térmica, como: refletor linear de Fresnel, concentrador cilindro-parábola, torre solar, disco parabólico, dentre outros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Concentração solar – limite termodinâmico

A concentração solar por fluxo, quando se deseja gerar energia elétrica a partir do sol, necessita de elevadas temperaturas para a melhoria da eficiência do ciclo termodinâmico na conversão termoeleétrica. Nesse sentido, duas definições de concentração são naturais e têm sido utilizadas com frequência (RABL, 1985). A primeira definição relaciona o fluxo de radiação da abertura (I_{Ap}) com o fluxo de radiação no absorvedor (I_{Abs}) (Eq. 1).

$$C_{flux} = \frac{I_{Ap}}{I_{Abs}} C_{flux} = \frac{I_{Ap}}{I_{Abs}} \quad (1)$$

A segunda definição é estritamente geométrica, relacionando a área da abertura (A_{Ap}) com a área da superfície absorvedora (A_{Abs}) (Eq. 2). Esse conceito de concentração é mais adequado à concentração solar por uso de coletores térmicos.

$$C = C_{geom} = \frac{A_{Ap}}{A_{Abs}} C = C_{geom} = \frac{A_{Ap}}{A_{Abs}} \quad (2)$$

Cumprindo a primeira e a segunda leis da Termodinâmica, que tratam da conservação da energia e do fluxo natural do calor que sai de um corpo com temperatura maior para outro com temperatura menor (WINSTON, 1970) (MELNIKOV, 1966), temos a concentração ideal para concentradores bidimensionais baseada nesse limite termodinâmico (Eq.3):

$$C_{ideal2D} = \frac{1}{\text{sen}\theta_s} C_{ideal2D} = \frac{1}{\text{sen}\theta_s} \quad (3)$$

Em todos os raios que ingressando pela abertura, dentro do intervalo do ângulo de aceitação, eles são refletidos para o absorvedor em concentradores ideais. Os raios que chegam com ângulo maior que o ângulo de aceitação se propagam ao longo da cavidade e retornam ao ambiente (RABL, 1985). Como o θ_s indica o ângulo solar, e este, em função da distância sol-terra e dimensões da terra equivale a, aproximadamente, 4,8mrad, a concentração máxima em duas dimensões vale, aproximadamente, 220 sóis e a concentração solar máxima ou ideal em 3 dimensões vale 44000 sóis. O grande

desafio da concentração solar por fluxo é manter a concentração mais próxima da ideal, para tanto, busca-se analisar a aplicação de configurações que apresentam menores imperfeições óticas. Nesse sentido, os aplanáticos com primário e secundário apresentam-se como uma alternativa, visto que eliminam aberração esférica e coma, possibilitando aumentar a concentração solar em dispositivos óticos com formação de imagem. Para se compreender as características que tornam uma lente ou espelho aplanático, é necessário conceituar efeitos óticos como aberração esférica e coma.

2.2 Aberração Esférica e Coma

Aberração é qualquer falha de um espelho ou lente no que tange à precisão de produzir uma imagem verdadeira. As aberrações são indesejáveis a qualquer concentrador solar por fluxo. Dentre os fatores que mais afetam o desempenho de um sistema ótico, tem-se: aberração esférica e coma. A aberração esférica é uma imperfeição da imagem devido à curvatura esférica da lente ou do espelho. Quando um objeto está no infinito, a imagem se forma no foco. Entretanto, devido à aberração esférica, a distância focal é diferente para raios que atravessam a lente em diferentes distâncias do eixo ótico conforme observado na figura 1.

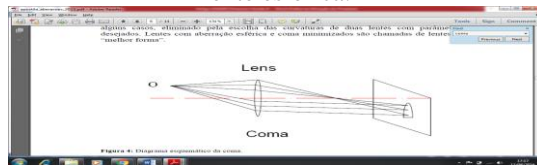
Figura 1: Aberração esférica apresentada por uma lente que gera imagem num foco cuja posição não está disposta no eixo ótico longitudinal e transversal, fora do foco paraxial.



Fonte: Adaptado de www.lambdasys.com (2017)

O Coma é uma imperfeição na formação de imagem que tem esse nome devido à forma de um cometa na imagem. Neste caso, a imagem de um ponto fora do eixo óptico aparece como um borrão de luz com a forma de um cometa. O coma reduz a possibilidade da lente ou espelho formar a imagem quando os feixes de luz incidem em suas bordas. No que tange à energia solar por concentração, perde-se muita radiação nas bordas dos espelhos, reduzindo a radiação que atinge o absorvedor. Tal efeito é indesejado e reduz o fluxo de radiação que atinge o absorvedor. O coma ocorre quando uma lente produz a imagem de um objeto fora do eixo óptico, à medida em que os raios passam através da região mais externa da lente ou do espelho, eles são focalizados em diferentes pontos. Esses pontos podem se afastar do eixo (coma positivo) ou se aproximar do eixo (coma negativo). Em geral, quando um feixe de raios paralelos passa por uma lente numa dada distância do seu centro, ele é focalizado de maneira a formar um anel no plano focal, conhecido como círculo comático, conforme pode ser observado na figura 2.

Figura 2 – Coma formado por meio dos feixes incidentes em uma lente esférica.



Fonte: Adaptado de www.lambdasys.com (2017)

2.3 Aplanático

Entende-se por aplanático, o espelho ou lente que apresenta uma ótica de imagem, tendo sido concebido para eliminar completamente a aberração esférica e o coma.

Trata-se de uma adaptação de duas superfícies óticas com graus de liberdade, podendo ser reflexivas ou refrativas. Os aplanáticos foram, inicialmente, desenvolvidos para aplicações com telescópios (LYNDEN-BELL, 2002). O problema matemático para eliminação da aberração esférica e coma foi solucionado há muitos anos (HEAD, A. K., 1957), contudo, a partir de 2002, os aplanáticos passaram a ser revisitados e aplicados à concentração de energia solar (MASHALL, H., FEUERMANN, D. E GORDON, J., 2015).

Para o espelho ser considerado aplanático, o mesmo deve obedecer às seguintes condições (figura 3):

- a) Princípio de Fermat – A trajetória percorrida pela luz ao se propagar de um ponto a outro é tal que o percurso para percorrer é mínimo (Eq. 4).

$$L_1 + nL_2 + nL_3 = \text{constante} \quad L_1 + nL_2 + nL_3 = \text{constante} \quad (4)$$

- b) Lei de Snell – Relacionando o ângulo de entrada com o ângulo de saída do feixe de luz que passa por uma interface com índices de refração distintos, (Eq. 5).

c)

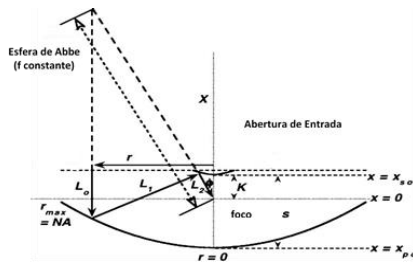
$$n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2 \quad n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2 \quad (5)$$

- d) Condição para o seno de Abbe – Amplificação constante para todos os raios paraxiais. Assim, a partir da Figura 3, mantendo a amplificação constante, (Eq. 6).

e)

$$f = \frac{r}{\text{sen} \varphi} = \text{constante} \quad f = \frac{r}{\text{sen} \varphi} = \text{constante} \quad (6)$$

Figura 3: Ilustração da construção de um aplanático com dois espelhos determinados pelo cumprimento do princípio de Fermat, lei de Snell e a condição do seno de Abbe.



Fonte: (Adaptada de OSTROUMOV, GORDON e FEUERMANN, 2009).

A condição de aplanático é alcançada pelo cumprimento do princípio de Fermat, lei de Snell e a condição do seno de Abbe. O foco é escolhido no centro do sistema de coordenadas e o comprimento da escala é ajustado, de acordo com o comprimento do foco, sendo definido pela unidade (OSTROUMOV, GORDON e FEUERMANN, 2009). O raio do primário do aplanático é igual à abertura numérica (AN). Como pode ser observado na figura 3, s é um parâmetro adimensional e representa a separação dos vértices do primário e do secundário do aplanático, de forma que temos (Eq. 7):

$$s = \frac{x_{PO} - x_{SO}}{f} \quad s = \frac{x_{PO} - x_{SO}}{f} \quad (7)$$

A (Eq. 7) utiliza as coordenadas axiais dos vértices do primário e secundário, respectivamente, indicados por x_{PO} e x_{SO} .

O parâmetro K representa outro parâmetro adimensional, fundamental para a construção do

aplanático, relacionando a distância entre o foco e o vértice do secundário (Eq. 8):

$$K = \frac{-x_{s0}}{f} K = \frac{-x_{s0}}{f} \quad (8)$$

A partir dos parâmetros adimensionais s e K , é possível definir o conjunto de pontos pertencentes ao primário e ao secundário do aplanático, desde que sejam cumpridas as relações (LYNDEN-BELL, 2002), a seguir, (Eq. 9 a 14):

$$r_p = \text{sen}(\phi) r_p = \text{sen}(\phi) \quad (9)$$

$$\begin{aligned} x_p &= s - \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) + \frac{g(\phi)}{s} (1 - Kf(\phi)) \cos^4\left(\frac{\phi}{2}\right) \\ x_p &= s - \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) + \frac{g(\phi)}{s} (1 - Kf(\phi)) \cos^4\left(\frac{\phi}{2}\right) \end{aligned} \quad (10)$$

$$r_s = \frac{2sKf(\phi)\tan\left(\frac{\phi}{2}\right)}{Kf(\phi)\tan^2\left(\frac{\phi}{2}\right) + g(\phi)} r_s = \frac{2sKf(\phi)\tan\left(\frac{\phi}{2}\right)}{Kf(\phi)\tan^2\left(\frac{\phi}{2}\right) + g(\phi)} \quad (11)$$

$$x_s = -r_s \cot(\phi) x_s = -r_s \cot(\phi) \quad (12)$$

$$g(\phi) = s - (1 - s) \tan^2\left(\frac{\phi}{2}\right) g(\phi) = s - (1 - s) \tan^2\left(\frac{\phi}{2}\right) \quad (13)$$

$$f(\phi) = \left|\frac{g(\phi)}{s}\right|^{\frac{s}{s-1}} f(\phi) = \left|\frac{g(\phi)}{s}\right|^{\frac{s}{s-1}} \quad (14)$$

Os índices p e s referenciam-se ao primário e ao secundário, respectivamente. As variáveis r_p e x_p indicam, como pode ser visualizado na Figura 3, distância no eixo r e a altura no eixo x do aplanático primário. Já as variáveis r_s e x_s , indicam a distância no eixo r e a altura no eixo x do aplanático secundário. Como pode ser observado, as equações que relacionam as dimensões do primário e

secundário do aplanático aos parâmetros s e K . Logo, ajustando s e K , podem-se ter aplanáticos com dimensões distintas, dependendo de s e K escolhidos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Fazendo uso das equações de (Eq. 9) a (Eq. 14) que fornecem as posições do primário e do secundário do aplanático, e, considerando a configuração 3 indicada na Tabela 1, temos o aplanático hiperbólico. Nessa etapa do trabalho, cumpre analisar fatores importantes na concentração solar de forma que $s > 0$ e $K > 0$. Doravante, a configuração 3, indicada na Tabela 1, passa a ser denominada aplanático hiperbólico, assim como, a configuração 5 passa a ser denominada aplanático elíptico.

Tabela 1 — Tabela contendo todas as configurações possíveis de aplanáticos, envolvendo parâmetros s e K , bem como a posição do absorvedor.

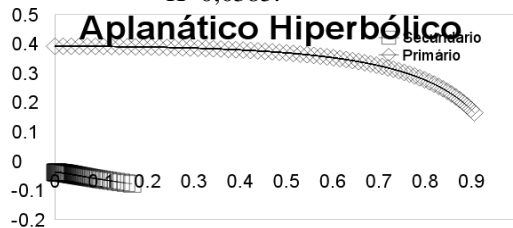
Configuração	s	K	Absorvedor	Observações
1	>0	<0	para cima	Factível, porém com grandes perdas
2	>0	<0	para baixo	Factível, contudo há grande diferença nas dimensões de primário e secundário
3	>0	>0	para cima	Factível, pode-se obter máxima performance, sendo compacto.
4	>0	>0	para baixo	Factível, porém apresenta grandes dimensões. Não compacto.
5	<0	<0	para cima	Factível, pode-se obter máxima performance, sendo compacto.
6	<0	<0	para baixo	Factível, contudo há grande diferença nas dimensões de primário e secundário
7	<0	>0	para cima	Inviável fisicamente. Foco virtual. Bloqueio total.
8	<0	>0	para baixo	Inviável fisicamente. Foco virtual. Bloqueio total.

Fonte: Adaptado (GORDON, 2010).

No que tange à metodologia, foram analisadas as equações que formam o aplanático, equações de (Eq. 9) à (Eq. 14), e foram constatadas as informações que constam na Tabela 1, quanto à concentração obtida e se seria

factível ou não um sistema solar de concentração para diferentes valores de s e K . Assim, foram analisados diversos valores para os parâmetros s e K , de acordo com a área de sombra formada pelo secundário sobre o primário, bem como de acordo com o formato do primário e secundário. Foram utilizados os seguintes valores para os parâmetros adimensionais s e K respectivamente 0,43 e 0,0385, obtendo-se o aplanático hiperbólico da figura 4.

Figura 4 – Aplanático Hiperbólico com parâmetros $s=0,43$ e $K=0,0385$.



Fonte: Autores da pesquisa (2017)

Considerando o aplanático hiperbólico e analisando a concentração obtida para um absorvedor situado no seu foco (origem), é possível obter concentrações que chegam a 50 sóis para o limite físico do aplanático que é $NA=0,9$, como pode ser observado na figura 5.

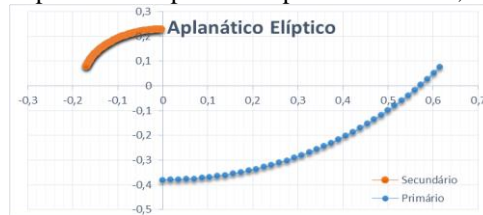
Figura 5 – Concentração Líquida Aplanático Hiperbólico x NA



Fonte: Autores da pesquisa (2017)

Além do aplanático hiperbólico, foram analisados dados para o aplanático considerado elíptico, apresentando os resultados indicados a seguir na figura 6.

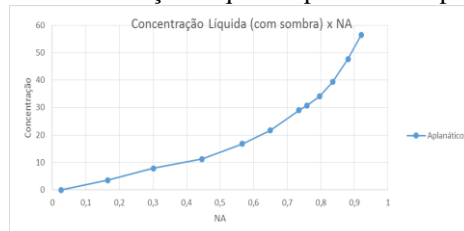
Figura 6 – Aplanático Elíptico com parâmetros $s=-0,61$ e $K=-0,23$



Fonte: Autores da pesquisa (2017)

Obteve-se a relação entre a concentração obtida versus NA, similarmente ao que foi obtido no aplanático elíptico, chegando próximo a 50 sóis de concentração com $NA=0,9$, conforme indicado na figura 7.

Figura 7 – Concentração Líquida Aplanático Elíptico x NA



Fonte: Autores da pesquisa (2017)

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram abordados conceitos como concentração solar térmica, limite de concentração solar em 2 e 3 dimensões, aberração esférica e coma que estão normalmente presentes na maioria dos concentradores de fluxo e que geram perdas na eficiência do concentrador.

Pode-se concluir que o aplanático, apresentado neste trabalho, apresenta-se como uma alternativa para formação de imagens com a eliminação da aberração esférica e do coma.

Foram analisados os aplanáticos que seriam viáveis ou não dentro das variações de s , K e da posição do absorvedor. Então, foram apresentados dois aplanáticos que se apresentam como adequados para uso em concentração solar, denominados: aplanático hiperbólico e o elíptico. Para os aplanáticos elíptico e hiperbólico, foram escolhidos valores dos parâmetros adimensionais s e K , bem como foram apresentados os formatos do primário e secundário de ambas as configurações. Em seguida, foram verificadas as concentrações obtidas em cada uma das configurações, sendo que para ambos os concentradores aplanáticos elíptico e hiperbólico, chegou-se a valores de concentração próximos a 50 sóis, o que é uma concentração bastante elevada, considerando-se que para concentradores do tipo cilindro-parábola, bastante utilizado na indústria solar térmica mundial, a concentração fica limitada a valores próximos de 23 sóis. Assim, a concentração obtida com essa configuração denominada aplanático com dupla reflexão é bem superior à concentração obtida com concentradores tipo cilindro-parábola, sendo uma alternativa real para aumento de concentração solar e conseqüente elevação da temperatura de fluidos térmicos, levando a uma maior eficiência na conversão solar para térmica, térmica para mecânica e finalmente, mecânica para elétrica.

REFERÊNCIAS

LYNDEN-BELL, D. (2002). Exact Optics: A Unification of Optical Telescope Design. *Mon. Not. R. Astronomy Society*. 334(4), 787–796.

- MARSHALL, H. ; FEUERMANN, D. e GORDON, J. M. New types of refractive-reflective aplanats for maximal flux concentration and collimation. *Optics Express*, Vol 23, p.1541-1548.
- MERTZ, L. (1979). Geometrical design for aspheric reflecting systems. *Applied Optics*. Vol. 18, p. 4182–4186.
- OSTROUMOV, N.; GORDON J. M. e FEUERMANN, D. Panorama of dual-mirror aplanats for maximum concentration. *Applied Optics*, Vol 48, p. 4926-4931.
- RABL, A., (1985). *Active Solar Collectors and Their Applications*. Oxford University Press. New York, 503p.
- WASSERMANN, G. D. e WOLF, E. 8 (1949). On the Theory of Aplanatic Aspheric Systems. *Proc. Phys. Soc. B* 62 Vol. 62, pp. 1211-1222.
- WELFORD, W. T. (1976). Aplanatism and Isoplanatism. *Progress in Optics* 13, 267–293
- WILLSTROP, R. V. e LYNDEN-BELL (2003). D. Exact Optics — II. Exploration of Designs On- and Off-Axis. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 342(1), 33–49.
- WINSTON, R., (1970). Light Collection within the framework of geometrical optics. *J. Opt. Soc. Am.* Vol. 60, 245-266.

Formador de Feixe para Arranjo de Antenas UHF com Aplicação em Supervisão de Redes Elétricas

Elias M. F. de Oliveira,
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
elias.marques@ufrpe.br

Manuelle R. T. de Oliveira
UFPE, Recife, Brasil,
manuregina10@gmail.com

Bruno G. M. de Oliveira
IFPE, Pesqueira, Brasil,
bruno@pesqueira.ifpe.edu.br

Marcos T. de Melo
UFPE, Recife, Brasil,
marcos@ufpe.br

Bruno A. Kleinau
Celpe, Recife, Brasil,
brunoagra@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Sistemas de geração e distribuição de energia elétrica penetram todas as regiões do país. O avanço da indústria, a manutenção de serviços básicos e a qualidade de vida da população estão intimamente ligados ao fornecimento contínuo e qualitativo de energia elétrica para os diversos setores. Neste contexto, sistemas supervisórios de controle e aquisição de dados (SCADA: do inglês *Supervisory Control and Data Aquisition*) são empregados em diferentes níveis para prevenir falhas e reestabelecer o fornecimento em caso de faltas

(BRANQUINHO, 2014). Uma vez centralizadas todas as informações acerca de uma planta, torna-se viável a automatização de processos como controle e monitoramento de equipamentos, supervisão da planta, disparos de comando, sincronização, leituras de variáveis e registro de ocorrências. Redes de distribuição que cobrem longas distâncias, como distribuidoras de óleo e gás, energia elétrica e água, comumente utilizam redes SCADA, compostas por quatro níveis distintos: Instrumentação, PLC/RTU, Rede de Comunicação e SCADA *Host* (SCHNEIDER ELECTRIC, 2012).

No *nível de instrumentação* estão os sensores e atuadores. Estes são os dispositivos responsáveis por coletar as informações dos sistemas em tempo real e *in loco* e convertê-las em níveis lógicos que possam ser interpretados. Os atuadores, por sua vez, recebem comandos de níveis superiores e executam ações de acordo com a aplicação desejada. O nível de instrumentação, por estar mais próximo do ambiente que se deseja controlar/medir deve ser capaz de resistir às intempéries provocadas por este ambiente. No nível seguinte, um controlador lógico programável (PLC, do inglês *Programmable Logic Controller*) ou uma unidade remota de telemetria (RTU, do inglês *Remote Terminal Unit*) interpretará os dados fornecidos pelos sensores e comandará os atuadores. As RTUs diferenciam-se dos PLCs por possuírem menor capacidade computacional. As RTUs apenas reportam as leituras dos sensores para a rede SCADA. Em contrapartida, os PLCs são capazes de processar os sinais e tomar decisões pré-definidas. Sendo assim, podem ser definidas respostas automáticas aos possíveis eventos reportados pelos sensores.

A *rede de comunicação* é a estrutura utilizada para transmitir informação entre a sala de comando e os

PLC/RTUs. Sistemas SCADA utilizam protocolos de comunicação como o Modbus e o DNP3 (*Distributed Network Protocol 3.0*).

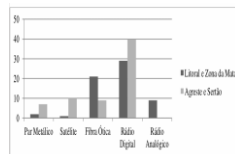
Por fim, o *SCADA Host* é a central que reunirá todas as informações coletadas ao longo da rede. É também o mecanismo de interface homem-máquina através do qual é possível exibir o status em tempo real da rede e realizar comandos remotos em um centro de comando e operação.

Uma grande variedade de dispositivos eletrônicos de instrumentação é empregada com o propósito de realizar tarefas de aquisição, supervisão e controle, distribuídos ao longo de usinas geradoras, subestações e linhas de distribuição. Em particular, as *chaves fusíveis religadoras* são equipamentos instalados nos postes da rede de distribuição responsáveis por cortar a alimentação de um setor da rede em caso de surtos, como curto circuito ou sobretensão. Porém, esta chave é capaz de realizar tentativas automáticas de religamento. Isto significa que, ao ser acionada, a chave aguarda por um tempo predeterminado e religa-se sem a necessidade de um agente externo. Esta característica diminui drasticamente o tempo de reestabelecimento do fornecimento de energia.

Em nosso estado, a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) mantém uma rede SCADA que se comunica com suas subestações *via* enlace de fibra ótica, par metálico, rádio digital e analógico e até mesmo *via* satélite. A figura 1 exibe a distribuição das subestações da CELPE por natureza do enlace e por região (OLIVEIRA, 2016). Uma vez que os dados, encapsulados em pacotes, atingem as subestações, são distribuídos para os dispositivos através de *link* de UHF. As subestações são equipadas com antenas de arranjo colinear, que possuem padrão de radiação omnidirecional. Dessa forma, a

subestação atua como Estação Rádio Base (ERB), enquanto as chaves religadoras são as estações remotas. As chaves religadoras recebem os sinais em antenas Yági-Uda, de padrão de radiação diretivo (figura 2). Contudo, em regiões afastadas, como zonas rurais ou de alta densidade de obstáculos, como prédios ou vegetação, os sinais enviados pela subestação para as chaves religadoras sofre grande degradação, chegando ao ponto de não serem mais legíveis ou mesmo detectáveis. Estas regiões são denominadas regiões de sombra. Entre as possíveis soluções para este problema estão a instalação de estações repetidoras ou o aumento da potência do transmissor na estação rádio base e nas estações remotas.

Gráfico 1. Subestações da CELPE por região e natureza do enlace.



Fonte: Oliveira (2016).

Figura 2. (a) Arranjo colinear e (b) Antena Yági-Uda conectada a uma chave religadora.



(a)



(b)

Fonte: Oliveira (2016).

Entretanto, a primeira opção pode apresentar custos elevados e a segunda aumenta a poluição do espectro eletromagnético. Isso ocorre porque uma vez que a antena da ERB é omnidirecional, a área total de cobertura se tornará maior em todas as direções, incluindo

aquelas indesejadas, impossibilitando a reutilização das frequências associadas a este enlace. Sendo assim, a solução ideal é aquela que seja capaz de aumentar o alcance da ERB em uma dada direção enquanto mantém a potência radiada. Isso é possível, implementando um *arranjo de antenas* (BALANIS, 2005). Partindo desta necessidade, a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) desenvolveu um projeto de pesquisa em parceria com a Universidade Federal de Pernambuco para projetar e implementar um sistema formador de feixe capaz de integrar-se ao sistema SCADA, utilizado pela empresa, e controlar em tempo real um arranjo de antenas instalado na cidade de Gravatá-PE. Neste capítulo, são descritos os resultados deste projeto e uma breve contextualização teórica sobre arranjos de antenas e dispositivos de RF. O projeto contemplou um sistema piloto montado e testado no campus da UFPE e implantação no sistema de distribuição da cidade de Gravatá, no interior do estado. São apresentadas bases fundamentais de arranjos de antenas, resultados simulados e experimentais.

2 Sistema Formador de Feixe

Uma antena pode ser uma estrutura ou dispositivo que coleta ou radia ondas eletromagnéticas, **eficientemente**, ou alternativamente por um dispositivo capaz de realizar o casamento de impedâncias entre a linha de transmissão e o espaço aberto (TELECOM GLOSSARY, 1996).

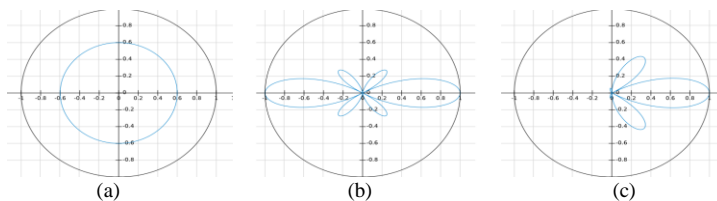
Quando se realiza um projeto de antena, há algumas características às quais se devem prestar atenção, tais como ganho, eficiência, diretividade e diagrama de radiação. Neste projeto, deseja-se, primariamente, controlar o diagrama de radiação de uma antena, isto é,

quer-se determinar as regiões de maior densidade de potência em torno da ERB. Como veremos a seguir, é possível realizar esta tarefa fazendo um *arranjo de antenas*. Isto é, utilizando múltiplas antenas, operando na mesma frequência. A teoria eletromagnética afirma que, controlando-se os sinais de alimentação das antenas, é possível controlar o campo radiado resultante, combinação vetorial dos campos radiados por cada antena individualmente.

2.1 Padrão de radiação de uma antena

O padrão de radiação (ou diagrama de radiação) é a função matemática ou gráfica que relaciona a densidade de potência radiada com a posição nas coordenadas esféricas nas regiões distantes da antena (MILLIGAN, 2005). Antenas cuja radiação é uniforme em todas as direções são denominadas antenas **isotrópicas** (figura 3a). Se a radiação é simétrica com relação à coordenada esférica ϕ , a antena é denominada **omnidirecional** (figura 3b). Já aquelas que radiam mais energia em uma determinada seção angular são denominadas **diretivas** (figura 3c). Antenas isotrópicas ideais não são realizáveis, uma vez que a própria estrutura de alimentação e fixação das antenas interfere em seu diagrama, embora boas aproximações estejam disponíveis comercialmente.

Figura 3. Diagramas de radiação de uma antena (a) isotrópica, (b) Omnidirecional e (c) Diretiva.



Fonte: Milligan (2005).

Entretanto, na maioria das aplicações comuns, não se deseja radiar potência para as direções verticais, tornando a antena omnidirecional mais desejável para a maioria das aplicações. No quadro 1, são apresentados alguns tipos de antenas classificadas por sua característica de radiação. Quando se deseja atingir regiões mais distantes, utilizar uma antena (ou arranjo) de diagrama diretivo resulta em uma maior concentração da potência radiada na direção desejada e, logo, maior alcance. Em contrapartida, as demais regiões possuirão baixa densidade de potência radiada. Esta configuração pode ser vantajosa quando se deseja estabelecer uma comunicação entre dois pontos fixos. Porém, na situação em que uma ERB possui mais de uma estação remota (ou estações móveis), é necessário que não apenas o diagrama de radiação seja diretivo, mas que a direção de maior ganho seja **controlável**. Uma das possíveis formas de se atingir este objetivo é a utilização de arranjos de antenas. Como veremos a seguir, o diagrama de radiação de um arranjo de antenas é função dos diagramas de radiação das antenas individuais, da sua posição relativa e de seus sinais de alimentação. Em uma situação real, mudar os diagramas individuais e as posições relativas é relativamente mais complexo que mudar os sinais de alimentação.

Quadro 1 – Característica de radiação de algumas antenas.

CARACTERÍSTICA	ANTENA
Omnidirecional	Dipolo simples Dipolo dobrado Arranjo colinear
Diretiva	Yági-Uda Log-periódica Parabólica

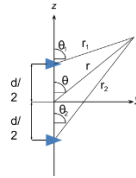
Fonte: Milligan (2005).

Por conta disso, a forma escolhida para implementar este arranjo de antenas foi criar um sistema capaz de manipular os sinais de alimentação de cada uma das antenas, partindo de um sinal gerado por um rádio UHF.

2.2 Arranjo de dois elementos

Consideremos um arranjo formado por duas antenas do tipo dipolo horizontal de comprimento l , posicionadas ao longo do eixo z com sinais de igual amplitude (representadas por I_0) e diferença de fase α , como mostrado na figura 4.

Figura 4. Arranjo de dois dipolos horizontais.



O campo radiado por um dipolo horizontal é dado por

$$\vec{E}_t = \hat{a}_\theta \cdot j\eta \frac{kI_0l}{4\pi} \cdot \frac{e^{-jkr}}{r} \cos\theta \quad (1)$$

em que $j = \sqrt{-1}$ é a unidade imaginária, η representa a eficiência da antena, e $k = 2\pi / \lambda$ é a constante de fase, sendo λ o comprimento de onda correspondente à frequência do sinal de excitação do dipolo. Logo, o campo total radiado pelo conjunto será equivalente à soma vetorial dos campos produzidos, individualmente, pelos dipolos:

$$\vec{\mathbf{E}}_t = \hat{\mathbf{a}}_\theta \cdot j\eta \frac{kI_0l}{4\pi} \cdot \left\{ \frac{e^{-j[kr_1 - (a/2)]}}{r_1} \cos\theta_1 + \frac{e^{-j[kr_2 - (a/2)]}}{r_2} \cos\theta_2 \right\}. \quad (2)$$

Na região de campo distante, podemos considerar que $\theta_1 \approx \theta_2 \approx \theta$, $r_1 \approx r - (d/2) \cos\theta$ e $r_2 \approx r + (d/2) \cos\theta$, o que reduz a equação (2) a

$$\vec{\mathbf{E}}_t = \hat{\mathbf{a}}_\theta \cdot j\eta \frac{kI_0l}{4\pi} \cdot \frac{e^{-jkr}}{r} \cos\theta \left[e^{+j(kd \cos\theta + \alpha)/2} + e^{-j(kd \cos\theta + \alpha)/2} \right]$$

$$\vec{\mathbf{E}}_t = \hat{\mathbf{a}}_\theta \cdot j\eta \frac{kI_0l}{4\pi} \cdot \frac{e^{-jkr}}{r} \cos\theta \cdot 2 \cos\left[\frac{1}{2}(kd \cos\theta + \alpha) \right]. \quad (3)$$

De (3) nota-se que o campo total é equivalente ao campo individual de um elemento multiplicado por um fator dependente da posição relativa e diferença de fase das antenas, conhecido como **fator de arranjo** (FA). De fato, o conceito conhecido como padrão de multiplicação afirma que o campo resultante de um arranjo formado por elementos idênticos equivale ao produto do campo de um elemento pelo fator de arranjo:

$$\vec{\mathbf{E}}_t = \vec{\mathbf{E}}_{\text{elem}} (\text{campo de um elemento individual}) \cdot FA. \quad (4)$$

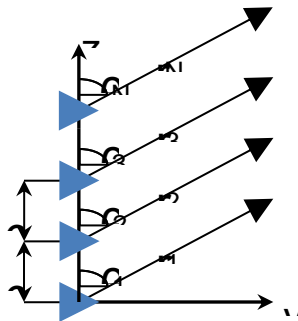
2.3 Arranjo linear uniforme de N antenas

As características de campo distante de um arranjo de antenas dependerão de diversos fatores, incluindo:

- A configuração geométrica do arranjo (linear, circular, retangular, etc).
- A disposição relativa entre os elementos.
- A amplitude e fase do sinal nas antenas.
- O diagrama de radiação dos elementos.

Seja um arranjo de N antenas diretivas de igual diagrama de radiação separadas por uma distância d e com incremento progressivo de fase α , como mostrado na figura 5. Esta configuração é conhecida como arranjo uniforme. Para encontrar a intensidade de campo elétrico em um ponto do campo distante, basta multiplicar o diagrama de radiação individual da antena diretiva pelo fator de arranjo do conjunto, que nada mais é que o diagrama de radiação de um conjunto de antenas isotrópicas localizadas nas mesmas posições que as antenas originais e com as mesmas fases de alimentação.

Figura 5. Arranjo linear uniforme de N antenas.



O fator de arranjo será dado por

$$FA = 1 + e^{j(kd \cos \theta + \alpha)} + e^{j2(kd \cos \theta + \alpha)} + \dots + e^{j(N-1)(kd \cos \theta + \alpha)}$$

$$FA = \sum_{n=1}^N e^{j(n-1)(kd \cos \theta + \alpha)} \quad (5)$$

Dessa forma, um arranjo cujos elementos possuem o mesmo diagrama de radiação $U_{\text{elem}}(\theta, \phi)$ terá diagrama de radiação dado por

$$U(\theta, \phi) = U_{\text{elem}}(\theta, \phi) \cdot \sum_{n=1}^N e^{j(n-1)(\beta d \cos\theta + \alpha)}. \quad (6)$$

2.4 Sistema controlador de arranjo de antenas

Para que se possa controlar a direção dos lóbulos principais de um arranjo de antenas, é necessário criar um circuito de Radiofrequência capaz de:

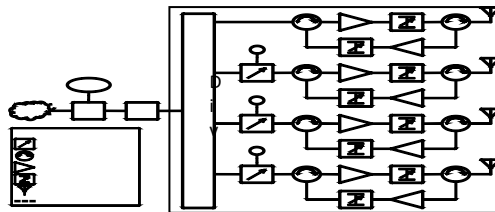
- Criar diferenças de fase controláveis entre os sinais alimentados às antenas do arranjo;
- Possuir boa isolamento entre as antenas, ou seja, impedir que um sinal capturado por uma antena flua pelo circuito de outra;
- Possuir um dispositivo de controle de ganho. (Neste caso particular, desejamos manter a mesma potência em cada um dos sinais alimentado às antenas).

Para tal intento, foi proposto o circuito exibido na figura 6. O circuito exibido neste diagrama pode ser dividido em trechos, denominados Circuito Controlador de Arranjo de Antenas (CAT) e Circuito de RF (destacado na figura pela região pontilhada). O CAT é um circuito microcontrolado capaz de ajustar a direção dos lóbulos do arranjo. O circuito de Radiofrequência compreende todos os dispositivos localizados após o rádio: circuladores, amplificadores, atenuadores e defasadores. O circuito de RF possui quatro ramos, sendo o ramo 1 tomado como referência de fase, e que, portanto, não necessitará de um defasador. Além de controlar a fase de cada ramo, o circuito é capaz de equalizar os ganhos em cada um dos ramos.

A nuvem utilizada para representar o COI na figura 6 representa toda a rede utilizada até que o pacote seja

entregue à subestação. Sendo emitido um pacote de dados do COI, após trafegar pela rede de comunicação, este será recebido pelo CAT, onde é extraído o endereço da chave religadora com a qual se deseja estabelecer comunicação. O CAT deverá interpretar este endereço e determinar as fases A, B e C a serem alimentadas nos defasadores. Após a configuração dos defasadores, o pacote é enviado para um Rádio UHF, que modula o sinal gerando um sinal de RF enviado para o divisor de potência, que divide o sinal de entrada em quatro partes de igual potência e fase. Cada caminho independente é um ramo que alimentará uma das antenas. Logo após a saída no divisor, os sinais são submetidos aos defasadores de 8 bits nos ramos 2, 3 e 4 (o ramo 1 é tomado por referência). Em seguida, uma combinação de amplificadores, atenuadores e circuladores realiza a compensação de ganho, garantindo que apenas a fase dos sinais de alimentação das antenas influenciará na formação dos lóbulos principais. Desse modo, a combinação dos sinais alimentados às antenas gerará o padrão de radiação desejado, atingindo apenas a região desejada. Para um detalhamento maior acerca do funcionamento deste circuito, o leitor pode referir-se ao texto apresentado em (OLIVEIRA, 2016).

Figura 6. Diagrama de blocos do sistema formador de feixe.



Fonte: Oliveira (2016).

3 IMPLEMENTAÇÃO

Inicialmente, um sistema piloto de comunicação

entre três chaves da distribuição e uma ERB foi projetado, instalado e testado no campus da UFPE. As chaves religadoras foram emuladas por computadores *Thin Client* instalados nos postes do campus. O sistema representava, em menor escala, aquele que foi instalado na região de Gravatá, envolvendo, igualmente, três chaves e a ERB. A posição angular das chaves em relação à ERB no projeto piloto foi aproximada em função da posição dos postes do campus disponíveis para instalação. A figura 7 mostra o arranjo de antenas colocado no topo do prédio escolar do Centro de Tecnologia e Geociência enquanto a figura 8 mostra a instalação das caixas nos postes do campus. A figura 9(a) exhibe o rack contendo os dispositivos do sistema no piloto.

Figura 7. Antenas instaladas no projeto piloto.



Fonte: Oliveira (2016).

Figura 8. Funcionário da CELPE instalando uma estação remota para o projeto piloto.



Fonte: Oliveira (2016).

Figura 9. Racks contendo dispositivos do sistema instalados (a) no projeto piloto e (b) na subestação de Gravatá.



(a)



(b)

Fonte: Oliveira (2016).

Após testes no projeto piloto, o sistema foi instalado na subestação de Gravatá, no interior do estado de Pernambuco. A figura 9(b) exhibe o rack que contém os dispositivos do sistema instalados na subestação. Com o apoio da equipe da CELPE, foram instaladas as antenas do arranjo na torre de comunicação da subestação bem como em três postes distribuídos pelo município. A figura 10 mostra estas instalações.

Figura 9. Instalação das antenas do sistema (a) na torre de comunicação da subestação e (b) em um poste da rede.



(a)



(b)

Fonte: Oliveira (2016).

No projeto piloto, foram escolhidos três postes em posições desvantajosas, como mostra a figura 10. Na busca pelas fases ideais, os parâmetros foram sendo ajustados para que o ganho da antena fosse o máximo nas direções desejadas. O ganho dos lóbulos indesejados pode ser mitigado através do ajuste das amplitudes dos sinais alimentados às antenas. No entanto, o sistema apresentado aqui não possui a capacidade de ajustar tais ganhos em tempo real, tendo sido calibrado para garantir o mesmo ganho para todos os ramos.

Figura 10. Posições das estações remotas no projeto piloto.



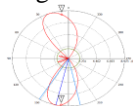
Fonte: Oliveira (2016).

Dessa forma, a simulação foi feita para sinais de igual amplitude e diferenças de fases arbitrárias. As fases do sinal de alimentação que dirigem o lóbulo do arranjo para as chaves são:

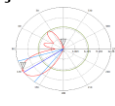
- $0^\circ, 180^\circ; 0^\circ$ e 180° para as chaves 1 e 3
- $0^\circ, 90^\circ; 180^\circ$ e 270° para a chave 2.

A figura 11 mostra o diagrama de radiação do arranjo das quatro antenas Yági-Uda com as fases em questão.

Figura 11. Diagramas de radiação nas configurações de fase desejadas.



(a) Fases $0^\circ, 180^\circ; 0^\circ$ e 180°



(b) Fases $0^\circ, 90^\circ; 180^\circ$ e 270°

Fonte: Oliveira (2016).

4 CONCLUSÃO

O Projeto Sistema de Comunicação Inteligente entre os Centros de Operações/Medições e as Chaves de Distribuição e Telemedição com Aplicação Piloto com duração de 3 anos envolveu concepção, implantação e teste do sistema no campus da UFPE, constituindo em projeto piloto em escala reduzida, e implantação na região de Gravatá. Verificou-se que a orientação dos lóbulos do diagrama de radiação do arranjo das 4 antenas yagi utilizadas de acordo é controlável. Isso pôde ser constatado pelas medições realizadas dos níveis de potência nas chaves (*thin clients*, que simulam as chaves) e pelas perdas de pacotes na comunicação entre as chaves e a ERB. Quando o conjunto de fases das correntes que alimentam as antenas dirigiu o lóbulo de maior ganho para a chave 1, a perda de pacotes chegou ao valor desprezível de 0,058%. Quando o mesmo procedimento foi feito com outro conjunto de fases para dirigir o lóbulo de maior ganho para a chave 2, obteve-se uma taxa de perda de pacotes de 0,190%, igualmente desprezível. Deste projeto de pesquisa resultaram vários artigos e uma dissertação de mestrado. Para informações detalhadas sobre este projeto, consultar (OLIVEIRA, 2016), (OLIVEIRA, 2015), (SANTOS, 2014), (OLIVEIRA, 2013).

AGRADECIMENTOS

À Companhia Energética de Pernambuco (CELPE) pelo apoio e financiamento deste projeto e em especial nas pessoas dos engenheiros Maurício Lôbo e Ricardo Padilha; À Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); À Fundação de Amparo ao Desenvolvimento da UFPE (FACEPE); À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco (FADE-UFPE); À equipe executora do projeto, em

especial aos professores Antônio Belfort e Mauro Rodrigues.

REFERÊNCIAS

BALANIS, C. A., *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3. ed., John Wiley and Sons, 2005.

BRANQUINHO, M. A., *Segurança de Automação Industrial e SCADA*, Elsevier Brasil, 2014.

MILLIGAN, T. A., *Modern Antenna Design*, 2. ed. John Wiley & Sons, 2005.

OLIVEIRA, B. G. M., SANTOS, M. R., OLIVEIRA, A. J. B., DE MELO, M. T., SANTOS, E. A. B., FREITAS, R. D. Freitas, PONTES, L. P. E SANTOS, M. M. L., *Switched Smart Antenna System for SCADA Telesupervision and Telecontrol Systems*, SBMO/IEEE MTT-S International Microwave & Optoelectronics Conference, 2013.

OLIVEIRA, E. M. F. *Desenvolvimento de Sistema Inteligente de Controle de Arranjo de Antenas para Aplicação no Sistema Celpe*. 2016. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Eletrônica e Sistemas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2016.

OLIVEIRA, M. R. T.; OLIVEIRA, E. M. F.; OLIVEIRA, B. G. M.; OLIVEIRA, A. J. B.; SANTOS, M. R.; DE MELO, M. T.; DIAS, V. L. de S. e SANTOS, M. M. L.; Implementação de Arranjo de Antenas Inteligentes para Sistemas de Supervisão de Chaves Religadoras em Redes de Distribuição Elétrica. In: CITENEL – Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, 2015, Costa do Sauípe. *Anais do CITENEL*, 2015.

SANTOS, M. R.; OLIVEIRA B.G.M. ; DE MELO, M. T. ; OLIVEIRA, A. J. B.; SANTOS, E. A. B.; FREITAS, R. D.; SANTOS M. M. L. *A smart antenna system for remote supervision*. International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, vol. 45, pp. 293-299, 2014.

SCHNEIDER ELECTRIC, *White Paper on SCADA Systems*, Ontário, Canadá, 2012.

TELECOM GLOSSARY, *Federal Standard 1037C Glossary of Telecommunication Terms*, 1996.

Utilização da Lógica Fuzzy no Controle Ativo de Vibração de Estruturas Inteligentes

Philippe E. de Medeiros
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
philippe.medeiros@ufrpe.br

Wallace M. Bessa
UFRN, Natal, Brasil,
bessa@ufrnet.br

Marcelo A. Savi
UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil,
savi@mecanica.ufrj.br

Aline S. de Paula
UnB, Brasília, Brasil,
alinedepaula@unb.br

1 INTRODUÇÃO

Estruturas e sistemas inteligentes têm como principal característica a capacidade de emular o comportamento de organismos vivos, os quais possuem comportamento autorregulado. Desse modo, devido à presença de um mecanismo estímulo-resposta, esse tipo de estrutura consegue se adaptar a condições de operação distintas, através da modificação de sua geometria e/ou propriedades físicas. Para essas aplicações, um maior destaque é dado às ligas com memória de forma (LMFs), que são utilizadas em situações nas quais grandes forças, grandes deformações e baixa frequência de carregamento são necessárias. Para conseguir esses resultados, as estruturas inteligentes são, na maioria das vezes,

equipadas com sensores para avaliação da deformação de seus elementos e atuadores para execução de ações de controle (BESSA *et al.*, 2013).

As LMFs são assim conhecidas devido ao efeito memória de forma e de pseudoelasticidade que elas apresentam. Ambos os fenômenos estão associados às transformações de fase martensíticas que ocorrem na liga a partir de ciclos termomecânicos específicos. Devido a essas características, essas ligas são aplicadas em diversas áreas, conforme discutido a seguir (JANI *et al.*, 2014; OTSUKA e REN, 1999). Especificamente, as LMFs vêm sendo utilizadas na fabricação de atuadores e micromanipuladores, na área biomédica, na tecnologia aeroespacial, entre outros. Os atuadores de ligas com memória de forma são relativamente leves, de fabricação simples e têm a capacidade de produzir elevadas cargas. Na área biomédica, essas ligas são utilizadas, principalmente, na fabricação de *stents*, pequenas ferramentas cirúrgicas e implantes (KONH *et al.*, 2015; MACHADO E SAVI, 2003). Na tecnologia aeroespacial, as LMFs utilizadas têm a função de auto ajustar as estruturas e mecanismos de estabilização (CHAU *et al.*, 2006; LOUGHLAN *et al.*, 2002). Além do mais, elas são utilizadas na fabricação de micromanipuladores e atuadores robóticos, para simular o movimento suave dos músculos dos seres humanos (PAIVA e SAVI, 2006), e como atuadores para o controle de vibração e flambagem em estruturas flexíveis.

A análise de estabilidade de estruturas é objetivo de muitas pesquisas, principalmente, devido ao comportamento complexo que elas apresentam. Devido à complexidade associada à análise de estruturas mais bem elaboradas, modelos mais simples são, geralmente, utilizados para estudar os aspectos gerais relacionados ao

comportamento dinâmico das estruturas. Dentre esses modelos, um maior destaque é dado à treliça de von Mises (BAZANT e CEDOLIN, 2010). Uma das principais características da treliça de von Mises é que, para um dado nível de carregamento, duas configurações de equilíbrio são possíveis, sendo a transição de uma configuração para outra caracterizada por um comportamento não linear, conhecido como comportamento *snap-through*. Por apresentar um comportamento dinâmico altamente não linear, o controle eficiente de estruturas inteligentes não pode ser facilmente obtido mediante a utilização de técnicas clássicas de controle linear. Além das não linearidades comuns das próprias estruturas, não linearidades relacionadas aos materiais que as compõem também estão presentes. Nesse contexto, o aumento do número de trabalhos, propondo novas estratégias de controle para esta classe de sistemas, demonstra o grande interesse do setor industrial e da comunidade acadêmica pelo tema. As abordagens mais comuns baseiam-se em técnicas de controle robusto e adaptativas (BESSA et al., 2013). No entanto, outras estratégias como inteligência artificial (BABUSKA et al., 2002) e controladores PID com inferência *fuzzy* adaptativa (AHN e NGUYEN, 2006) também podem ser encontradas.

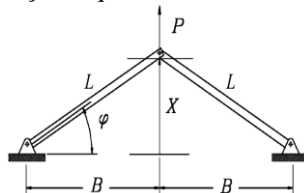
O objetivo do presente trabalho é desenvolver um controlador *fuzzy* para controlar os níveis de vibração de uma treliça de von Mises de LMF. Um modelo sofisticado (SAVI e NOGUEIRA, 2010) é utilizado para simular o comportamento termomecânico dos elementos da estrutura, o qual apresenta grande semelhança com dados experimentais. Dada a complexidade do modelo para simular o comportamento estrutura, o controlador *fuzzy* utilizado tem como vantagem não somente a obtenção de uma lei de controle mais simples, como também permite

que a sua robustez seja evidenciada. É importante destacar que as propriedades das LMFs não estão sendo utilizadas no presente trabalho com o objetivo de controlar a estrutura. A atuação de estruturas de LMFs via sistema de controle externo é comum em várias aplicações que englobam sistemas aeroespaciais, como as estruturas auto montáveis (SAVI, 2015).

2 MODELO DINÂMICO

Segundo Bazant e Cedolin (2010), a treliça de von Mises é um modelo de estrutura muito importante na análise estrutural, já que através dela é possível estudar as principais características de estabilidade de estruturas tipo treliça mais complexas, bem como outros fenômenos físicos. A figura 1 mostra a representação esquemática de uma treliça de von Mises com seus respectivos parâmetros geométricos.

Figura 1. Representação esquemática de uma treliça de von Mises.



Como podemos observar na figura 1, a treliça de von Mises é formada por duas barras idênticas de comprimento L , que formam um ângulo φ com a linha horizontal da superfície dos apoios, e apresentam a mesma área de seção transversal (A). Em cada apoio, as barras podem sofrer movimentos de rotação em torno dos seus respectivos pinos de articulação. No presente trabalho, a massa da estrutura (m) será considerada como concentrada

no ponto de junção das duas barras e apenas movimentos verticais e simétricos serão considerados, transformando, dessa forma, um sistema de infinitos graus de liberdade em um sistema dinâmico discreto unidimensional. Apesar da simplificação, a resposta apresentada, ainda, é capaz de exibir comportamentos complexos de grande importância para análise de estruturas. Também serão consideradas não linearidades geométricas e constitutivas no modelo e a carga crítica de Euler de ambas as barras é considerada como suficientemente alta tal que o fenômeno da flambagem não ocorra. Aplicando a segunda lei de Newton na junção das barras, chega-se à seguinte equação de movimento para a estrutura:

$$-2F\sin\varphi - c\dot{X} + P = m\ddot{X} \quad (1)$$

sendo F a força em cada barra, P uma força externa aplicada verticalmente na junção das barras, c o coeficiente de amortecimento viscoso da estrutura e X o movimento vertical simétrico do seu ponto central. Na descrição da força F da equação 1, que está relacionada ao comportamento termomecânico da LMF, foi utilizado um modelo proposto por Savi e Nogueira (2010), o qual considera as transformações de fase devido aos carregamentos termomecânicos nos elementos da estrutura.

Se a seguinte definição de deformação (ε) for considerada para cada elemento da estrutura:

$$\varepsilon = \frac{L}{L_0} - 1 = \frac{\cos\varphi_0}{\cos\varphi} - 1 \quad (2)$$

sendo L_0 e φ_0 os valores nominais de L e φ , respectivamente, e considerando uma perturbação

periódica sobre a estrutura de $P(t) = P_0 \text{sen}(\omega t)$, Savi e Nogueira (2010) mostram que equação de movimento do sistema pode ser escrita na forma adimensional como:

$$\begin{aligned} \bar{x}_1 &= x_2 \\ \bar{x}_2 &= \gamma \text{sen}(\Omega t) - \xi x_2 - \zeta_E \left[1 - \frac{1}{(x_1^2 + b^2)^{1/2}} \right] x_1 - \\ &+ [(\bar{\alpha} + \zeta_E \alpha_h)(\beta_2 - \beta_1) - \bar{\kappa} \zeta_\kappa (\theta - \theta_0)] \frac{x_1}{(x_1^2 + b^2)^{1/2}} \end{aligned} \quad (3)$$

Com os seguintes parâmetros adimensionais:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{X}{L_0}; \quad \gamma = \frac{P_0}{mL_0\omega_0^2}; \quad \omega_0^2 = \frac{2E_M A}{mL_0}; \quad \Omega = \frac{\omega}{\omega_0}; \\ \bar{\kappa} &= \frac{\kappa_M T_M}{E_M}; \quad \xi = \frac{c}{m\omega_0}; \quad \zeta_E = \frac{E}{E_M}; \quad \zeta_\kappa = \frac{\kappa}{\kappa_M}; \\ \bar{\alpha} &= \frac{\alpha}{E_M}; \quad \theta = \frac{T}{T_M}; \quad b = \frac{B}{L_0}; \quad \bar{x} = \frac{dx}{d\tau}; \quad \tau = \omega_0 t \end{aligned} \quad (4)$$

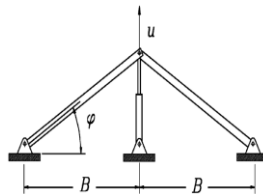
Os parâmetros adimensionais apresentados na equação 4 estão relacionados as propriedades mecânicas e físicas da liga, bem como as variáveis do modelo. Os parâmetros E e κ representam o módulo de elasticidade e o coeficiente de expansão térmica, α está relacionado ao laço de histerese característico que aparece no diagrama tensão-deformação desse tipo de material, e as variáveis β_1 e β_2 representam as frações de fase martensíticas induzidas por cargas de tração e compressão, respectivamente, na liga. As constantes T e T_M representam a temperatura na liga e a temperatura abaixo

da qual a martensita é uma fase estável, e B é a projeção horizontal de cada barra da estrutura (figura 1). Os índices "A" e "M", que aparecem em E e κ , estão associados as fases auténítica e martensítica. O modelo constitutivo utilizado no cálculo das frações de fase da liga (β_i) é semelhante a outros modelos disponíveis na literatura (Savi e Paiva, 2005; Monteiro et al., 2009; Oliveira et al., 2010).

3 CONTROLADOR FUZZY

Nessa seção, um controlador *fuzzy* é aplicado à treliça de von Mises de LMF, para assegurar que o vetor de estados $\mathbf{x} = [x_1 \ x_2]$ atinja o vetor de estados desejados $\mathbf{x}_d = [x_{1d} \ x_{2d}]$ e o erro de rastreamento $\tilde{\mathbf{x}} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_d = [\tilde{x} \ \tilde{\dot{x}}] \rightarrow 0$ quando $\tau \rightarrow \infty$, mesmo na presença de uma perturbação externa. A técnica de controle aqui utilizada é de fundamental importância, pois permite que sistemas com modelos matemáticos de difícil abordagem analítica, como o do presente trabalho, possam ser controlados a partir de uma lei de controle de simples formulação matemática. Para que a ação de controle seja efetivada e consiga atenuar os níveis de vibração da estrutura, será considerado um atuador na junção das duas barras, como mostra a figura 2, de atuação linear.

Figura 2 - Representação esquemática da treliça de von Mises com o atuador.



Após a adição do atuador externo ao ponto central da estrutura, o qual vai exercer uma força estabilizadora, a variável de controle u deve ser adicionada a equação (3), que pode ser reescrita, simplificada, por:

$$\begin{aligned} \ddot{x}_1 &= x_2 \\ \ddot{x}_2 &= d + f + u \end{aligned} \quad (5)$$

sendo d a perturbação externa ao sistema e f a sua dinâmica.

O controlador proposto no presente trabalho é um sistema de malha fechada, no qual a variável de controle será calculada de maneira proporcional ao erro (*fuzzy P*) e proporcional ao erro e sua derivada (*fuzzy PD*), de acordo com o conjunto de regras *fuzzy*. As bases da lógica *fuzzy* (frequentemente traduzida como difusa ou nebulosa) foram estabelecidas por Zadeh (1965), através da introdução do conceito de conjuntos difusos. Segundo Zadeh (1965), um conjunto *fuzzy* A em um universo de discurso X pode ser definido por um conjunto de pares ordenados:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (6)$$

sendo $\mu_A(x)$ a função de pertinência do conjunto difuso A , e a responsável por relacionar cada elemento $x \in X$ a um valor no intervalo $0 \leq \mu_A \leq 1$ (JANG *et al.*, 1997).

A representação do universo de discurso através de conjuntos difusos permite que um certo domínio seja, convenientemente, classificado, de modo a facilitar a obtenção posterior de informações a partir de um sistema de inferência. A estrutura básica de um sistema de inferência *fuzzy* consiste em transformar as variáveis de

estado em variáveis linguísticas para, então, a partir de uma base de conhecimento, armazenada sob a forma de regras, determinar uma saída numérica. Para o sistema em análise, foi utilizada uma base de regras *fuzzy* associada ao universo de discurso do erro e do erro e sua derivada. O controle de vibração da estrutura é feito a partir da aplicação de uma força, fornecida pelo atuador, para compensar o deslocamento do ponto central da estrutura provocado por perturbações externas. Devido à sua simplicidade e sua comprovada eficiência computacional (JANG *et al.*, 1997), o sistema de inferência adotado neste trabalho para definir a estrutura do controlador foi o TSK (Takagi–Sugeno–Kang) de ordem zero. Este sistema é equivalente às redes neurais do tipo RBF (*Radial Basis Function*) (Jang e Sun, 1993) e suas regras podem ser escritas para o *fuzzy* P e o *fuzzy* PD como:

Se \tilde{x} é \tilde{X}_r , então $u_r = U_r$; $r = 1, 2, \dots, N$

Se \tilde{x} é \tilde{X}_r e $\dot{\tilde{x}}$ é $\dot{\tilde{X}}_r$, então $u_r = U_r$; $r = 1, 2, \dots, N$

dado que \tilde{x} é o erro de rastreamento e $\dot{\tilde{x}}$ a sua derivada, os quais são calculados a partir da diferença entre posição real (X_1) e posição desejada (X_{1d}) e da diferença entre velocidade real (X_2) e a velocidade desejada (X_{2d}).

Os conjuntos difusos \tilde{X} e $\dot{\tilde{X}}$ estão relacionados ao erro de rastreamento e a sua derivada, respectivamente, e cujas funções de pertinência podem ser escolhidas apropriadamente. Os valores de saída relativos à cada uma das N (*fuzzy* P) e $N \cdot N$ (*fuzzy* PD) regras são dados por U_r .

No caso *fuzzy* PD, a ação de controle é definida em

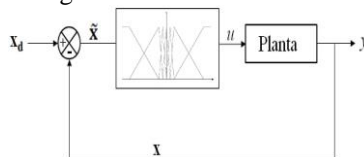
dois universos de discurso \tilde{X} e \tilde{X}_r , dessa forma, o vetor associado às saídas de cada função, ou vetor de base de regras, tem dimensão $N \cdot N$. Tendo em vista que cada regra determina um valor numérico como resposta, a saída final u do sistema de inferência proporcional ao erro (*fuzzy P*) pode ser calculada através da seguinte média ponderada:

$$u = \frac{\sum_{r=1}^{r=N} w_r U_r}{\sum_{r=1}^{r=N} w_r} = \mathbf{U}^T \boldsymbol{\Psi}(\tilde{\mathbf{x}}) \quad (7)$$

em que \mathbf{U} é o vetor contendo os valores atribuídos a U_r para cada regra r , e $\boldsymbol{\Psi}(\tilde{\mathbf{x}})$ é o vetor de componentes $\Psi_r(\tilde{\mathbf{x}}) = w_r / \sum_{r=1}^{r=N} w_r$, sendo w_r o valor de ativação da premissa de cada regra. Especialmente neste caso, como há apenas uma condição na premissa, o valor de ativação w_r recebe o valor da função de pertinência associado a cada um dos conjuntos difusos \tilde{X}_r .

O sistema de inferência *fuzzy PD* pode ser calculado de maneira semelhante, porém como há duas premissas, o valor de ativação w_r recebe o valor da função de pertinência associado a cada um dos conjuntos \tilde{X}_r e \tilde{X}_r . O diagrama de blocos do controlador *fuzzy* empregado no presente trabalho é apresentado na figura 3.

Figura 3. Diagrama de blocos do controlador *fuzzy*.



4 SIMULAÇÕES NUMÉRICAS

Para realizar as simulações numéricas, foi utilizado o método de Runge-Kutta de quarta ordem, com um passo de integração de $\Delta\tau = \pi/1000\Omega$. Em todas as simulações, foram utilizadas as propriedades mostradas na tabela 1. Os valores escolhidos representam um típico comportamento de uma LMF para uma temperatura de 373 K, na qual o fenômeno da pseudoelasticidade se faz presente (SAVI E NOGUEIRA, 2010). Alguns parâmetros, presentes na tabela 1, são necessários para o cálculo das frações das fases da liga, como $\bar{\eta}^C$ e $\bar{\eta}^D$, os quais estão associados às dissipações relacionadas às transformações de fase durante o processo de carregamento e descarregamento mecânico, respectivamente. Os parâmetros \bar{L} , \bar{L}_0 , \bar{L}_0^A e \bar{L}^A estão relacionados aos níveis de tensão mecânica crítica para as transformações de fases e T_A é a temperatura na qual a fase austenítica da liga é estável.

Com os dados da tabela 1, foram assumidos os seguintes valores: $b = 0,894$; $x_1(0) = 0,447$; $x_2(0) = 0,0$ e $\xi = 0,0$, para todas as simulações realizadas do movimento vertical do ponto central da estrutura.

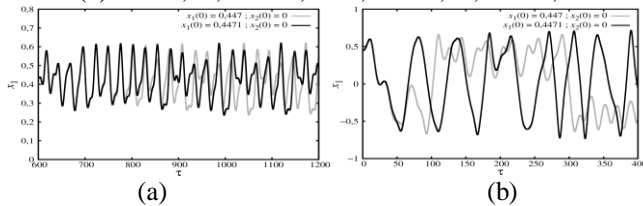
Tabela 1. Propriedades da LMF utilizadas nas simulações numéricas.

E_A (GPa)	E_M (GPa)	α (MPa)	α_h
54,0	54,0	150,0	0,052
\bar{L} (MPa)	\bar{L}_0 (MPa)	\bar{L}_0^A (MPa)	\bar{L}^A (MPa)
41,5	0,15	0,63	185,0
κ_A (MPa K^{-1})	κ_M (MPa K^{-1})	T_M (K)	T_A (K)
0,74	0,17	291,4	307,7

$$\begin{array}{cc} \bar{\eta}^C \text{ (MPa s)} & \bar{\eta}^D \text{ (MPa s)} \\ 10,0 & 27,0 \end{array}$$

A partir dos valores de γ e Ω associados a comportamentos caóticos da estrutura (SAVI e NOGUEIRA, 2010), foram plotadas as respostas de x_1 em função de τ com pequenas variações nas condições iniciais, para mostrar que a partir de um certo intervalo de tempo, a resposta do sistema acaba se tornando imprevisível, como mostra a figura 4.

Figura 4. Respostas caóticas do sistema com pequenas variações nas condições iniciais. (a) $\gamma = 0,008$; $\Omega = 0,475$; $\theta = 1,28$; $\xi = 0,0$;
(b) $\gamma = 0,01$; $\Omega = 0,3347$; $\theta = 1,28$; $\xi = 0,0$.



Fonte: Autores (2017)

O fenômeno do caos está associado à imprevisibilidade da resposta do sistema quando se variam as suas condições iniciais, por menor que sejam essas variações. A partir da figura 4, pode-se notar que, mesmo que conheçamos bem o comportamento do sistema, partindo de uma condição inicial específica, caso ela seja alterada em um valor muito pequeno, ele se comportará de forma totalmente independente e imprevisível com o passar do tempo. A performance do controlador será agora analisada. Simulações numéricas foram realizadas para verificar a capacidade de o controlador projetado reduzir

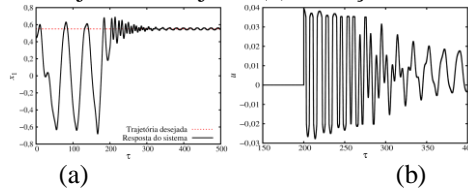
os níveis de vibração da estrutura. Para resolver o sistema de equações do problema, foi utilizado o método Runge-Kutta de quarta ordem. A taxa de amostragem utilizada foi de $\pi/1000\Omega$ para o simulador do sistema e de $\pi/200\Omega$ para o controlador, ambas em função do parâmetro adimensional τ . Os controladores *fuzzy* P e *fuzzy* PD projetados foram analisados na estrutura para a condição de movimento caótico e na presença do comportamento *snap-through*, a qual foi obtida para $\gamma = 0,01$; $\Omega = 0,3347$ e $\theta = 1,28$ (figura 4b), para um estado desejado de $\mathbf{x}_d = [0,55 \ 0,0]$ e com o seguinte estado inicial $\mathbf{x}(0) = [0,4471 \ 0,0]$.

Os universos de discurso \tilde{X} e \tilde{X} foram determinados tendo como base a região do movimento em malha aberta do ponto central estrutura, e a região da derivada do erro de rastreamento do sistema com o controlador *fuzzy* P, respectivamente. Dessa forma, foram considerados os seguintes universos de discurso: $\tilde{X} = \{-0,6 \leq \tilde{x} \leq 0,6\}$, para o *fuzzy* P, e $\tilde{X} = \{-0,6 \leq \tilde{x} \leq 0,6\}$ e $\tilde{X} = \{-0,1 \leq \tilde{x} \leq 0,1\}$, para o *fuzzy* PD. Nos universos de discurso, foram utilizadas apenas funções de pertinência trapezoidais, nas extremidades, e triangulares, no centro, variando as suas respectivas localizações. A figura 5 mostra o rastreamento da trajetória desejada, com o seu respectivo esforço de controle, provenientes do controlador *fuzzy* P projetado. Para os centros das funções de pertinência, foram adotados os valores de $c_{\tilde{x}} = \{-4,2; -2,4; -0,3; 0,3; 2,4; 4,2\} \times 10^{-1}$, com a seguinte base regras:

$\mathbf{U}^T = \{5,0; 4,0; 3,5; -3,5; -4,0; -5,0\} \times 10^{-2}$. Os valores para

cada regra foram atribuídos heurísticamente.

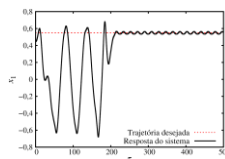
Figura 5. Resposta do sistema com controlador *fuzzy* P. (a) Rastreamento da trajetória desejada; (b) Esforço de controle.



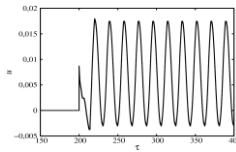
Fonte: Autores (2017)

Podemos observar na figura 5 que a estratégia de controle adotada reduz, de forma bastante satisfatória, os níveis de vibração da estrutura em decorrência da perturbação externa, evitando, dessa forma, o comportamento *snap-through*, que é bastante prejudicial a esse sistema. É possível notar, também, que o movimento caótico é substituído por um suave e muito próximo ao estado desejado quando o controlador é ativado ($\tau = 200$). A figura 6 mostra o rastreamento da trajetória desejada, com o seu respectivo esforço de controle, provenientes do controlador *fuzzy* PD projetado. Para os centros das funções de pertinência, foram adotados os valores de $c_{\tilde{X}} = \{-4,2; -2,4; -0,3; 0,3; 2,4; 4,2\} \times 10^{-1}$ para \tilde{X} e $c_{\tilde{X}} = \{-7,0; -4,0; -0,5; 0,5; 4,0; 7,0\} \times 10^{-2}$ para \tilde{X} . A base de regras atribuída foi baseada na base mostrada anteriormente, para o caso do controlador *fuzzy* P.

Figura 6. Resposta do sistema com controlador *fuzzy* PD.



(a) Rastreamento da trajetória desejada;



(b) Esforço de controle.

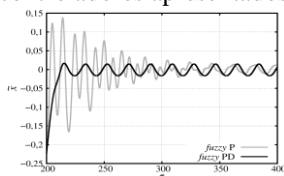
Fonte: Autores da pesquisa (2017)

Assim como no caso do controlador *fuzzy* P, podemos observar na figura 6 que a estratégia de controle adotada pode reduzir de forma bastante satisfatória os níveis de vibração da estrutura em decorrência da perturbação externa. É possível visualizar também um comportamento mais suave da resposta do sistema e da ação de controle, em relação ao controlador *fuzzy* P, no momento em que o controlador é ativado. Nesse caso, a ação de controle leva em consideração não só o erro, como também a sua derivada, e isso faz com que o controlador consiga dosar melhor o seu esforço quando sistema está próximo ao estado desejado. Através da análise comparativa do erro de rastreamento, apresentada na figura 7, pode-se, facilmente, observar o comportamento mais suave da ação de controle proveniente do controlador *fuzzy* PD em relação ao controlador *fuzzy* P. Analisando o erro médio absoluto (EMA) de ambos os casos, temos:

$$\begin{aligned} \text{EMA}_{\text{FuzzyP}} &= 4,581 \times 10^{-2} \\ \text{EMA}_{\text{FuzzyPD}} &= 3,088 \times 10^{-2} \end{aligned} \quad (8)$$

Nota-se, portanto, uma redução de, aproximadamente, 32,6% no erro do sistema com o controlador *Fuzzy* PD, em relação ao controlador *Fuzzy* P, no momento em que eles são ativados.

Figura 7. Convergência do erro de rastreamento dos dois controladores apresentados.



Fonte: Autores da pesquisa (2017)

5 CONCLUSÃO

Neste artigo, utilizou-se a lógica *fuzzy*, mediante a inferência Takagi-Sugeno-Kang de ordem zero (TSK-0), para o desenvolvimento de um controlador para uma estrutura de liga com memória de forma. A análise de vibração forçada do sistema em malha aberta mostra que ele pode apresentar comportamentos complexos, dependendo dos parâmetros do sistema. O controle eficiente desse tipo de sistema não é obtido, facilmente, por técnicas convencionais de controle linear, já que estas possuem algumas limitações como restrição da faixa operacional e incapacidade de linearizar certas discontinuidades comumente apresentadas na grande maioria dos sistemas dinâmicos reais.

Como foi mostrado, através das simulações numéricas, a estratégia de controle adotada mostra ser robusta e eficaz mesmo na presença de uma perturbação no sistema. Deve ser destacado que a robustez do controlador, junto com sua simplicidade, é um tema importante, já que através de uma simples abordagem de controle, podemos controlar, de forma bastante satisfatória, sistemas não lineares de difícil abordagem analítica, como é o caso das estruturas de ligas com memória de forma.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho gostariam de agradecer à CAPES e ao CNPq pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- AHN, K. e NGUYEN, B. (2006). Position Control of Shape Memory Alloy Actuators Using Self Tuning Fuzzy PID Controller, *International Journal of Control, Automation, and Systems*, Vol. 4, pp. 756–762.
- BABUSKA, R., OOSTERHOFF, J., OUDSHOORN, A. e BRUIJN, P. (2002). Fuzzy self-tuning PI control of pH in fermentation, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 15, pp. 3–15.
- BAZANT, Z.P. e CEDOLIN, L. (2010) *Stability of Structures*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- BESSA, W.M., A.S. DE PAULA e SAVI, M.A. (2013). Adaptive fuzzy sliding mode control of smart structures, *The European Physical Journal Special Topics*, Vol. 222, No. 7, pp. 1541–1551.
- CHAU, E.T.F., FRIEND, C.M., ALLEN, D.M., HORA, J. e WEBSTER, J.R. (2006). A technical and economic appraisal of shape memory alloys for aerospace applications, *Materials Science and Engineering A*, Vol. 438-440, pp. 589–592.
- JANG, J. e SUN, C. (1993). Functional equivalence between radial basis function networks and fuzzy inference systems, *IEEE Transaction on Neural Networks*, Vol. 4, No. 1, pp. 156–159.
- JANG, J.S.R., SUN, C.T. e MIZUTANI, E. (1997) *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. Prentice Hall, New Jersey.
- JANI, M.J., LEARY, M., SUBIC, A. e GIBSON, M.A. (2014). A review of shape memory alloy research, applications and opportunities, *Materials and Design*, Vol. 56, pp. 1078–1113.
- KONH, B., HONARVAR, M. e HUTAPEA, P. (2015). Design optimization study of a shape memory alloy active needle for biomedical applications, *Medical Engineering and Physics*, Vol. 37, pp. 469–477.
- LOUGHLAN, J., THOMPSON, S. P. e SMITH, H. (2002). Buckling control using embedded shape memory actuators and the utilization of smart technology in future aerospace platforms, *Composite Structures*, Vol. 58, No. 3, pp. 319–347.

- MACHADO, L.G. e SAVI, M. A. (2003). Medical applications of shape memory alloys, *Brazilian journal of medical and biological research*, Vol. 36, No. 6, pp. 683–91.
- MONTEIRO, P.C.C., SAVI, M.A., NETTO, T.A. e PACHECO, P.M.C.L. (2009). A Phenomenological Description of the Thermomechanical Coupling and the Rate-dependent Behavior of Shape Memory Alloys, *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, Vol. 20, No. 14, pp. 1675–1687.
- OLIVEIRA, S. A., SAVI, M. A. e KALAMKAROV, A.L. (2010). A three-dimensional constitutive model for shape memory alloys, *Archive of Applied Mechanics*, Vol. 80, No. 10, pp. 1163–1175.
- OTSUKA, K. e REN, X. (1999). Recent developments in the research of shape memory alloys, *Intermetallics*, Vol. 7, No. 5, pp. 511–528.
- Paiva, A. e Savi, M.A. (2006). An overview of constitutive models for shape memory alloys, *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2006, No. October 2005, pp. 1–30.
- SAVI, M. A. (2015). Nonlinear dynamics and chaos in shape memory alloy systems, *International Journal of Non-Linear Mechanics*, Vol. 70, pp. 2–19.
- _____. e Nogueira, J.B. (2010). Nonlinear dynamics and chaos in a pseudoelastic two-bar truss, *Smart Materials and Structures*, Vol. 19, No. 11, p. 115022.
- _____. e Paiva, A. (2005). Describing internal subloops due to incomplete phase transformations in shape memory alloys, *Archive of Applied Mechanics*, Vol. 74, No. 9, pp. 637–647.
- ZADEH, L. (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*, Vol. 8, pp. 338–353.

Influência da radiação gama nos teores de Licopeno em tomates

Liderlanio de Almeida Araújo
UFPE, Recife, Brasil,
liderlanioalmeida@gmail.com

Edvane Borges da Silva
UFPE, Vitória de Santo Antão, Brasil,
edvborges@yahoo.com

Lucia Fernanda C. da Costa Leite
UNICAP, Recife, Brasil,
lfernanda100@gmail.com

Sergio Carvalho de Paiva
UNICAP, Recife, Brasil,
spaiva@unicap.br

Marina Helena Paranhos Gazineu
UNICAP, Recife, Brasil,
helena@unicap.br

Yana Batista Brandão
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
yana.brandao@ufrpe.br

1 INTRODUÇÃO

O Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) é rico em diversas substâncias–benéficas e começou a ganhar espaço como fonte alimentícia, inicialmente, na Europa. No ano de 1554, surgem na Itália os primeiros registros do uso desse fruto como alimento e, a partir do século XIX, foi introduzido no Brasil, sendo utilizado para fins de consumo *in natura*. A sua produção em território brasileiro está em torno de 3,2 milhões de toneladas por ano. Os estados de São Paulo, Pernambuco, Espírito Santo

e Rio de Janeiro destacam-se como os grandes produtores internos das variedades mais tradicionais. A partir da década de 1970, as lavouras do tomate rasteiro ou industrial, plantado sem escoras e usado na produção de suco e massa, tomaram grande impulso, particularmente em Goiás e no Vale do Rio São Francisco (FAO, 2009). O tomate foi reconhecido como uma fonte importante para obtenção de antioxidantes, sendo produzido em grandes escalas, em nível mundial, em função da crescente demanda para produção de molhos, saladas e condimentos, dentre outros. Um dos principais componentes do tomate é o licopeno, um antioxidante da classe dos carotenóides. Estudos evidenciam, por exemplo, que indivíduos saudáveis, ingerindo este carotenóide, na forma de suco de tomate, molho de tomate e/ou cápsulas de gel de oleoresina, durante 1 semana, tiveram níveis, significativamente, mais baixos de LDL em comparação com os grupos de controles (ROBERFROID, 2007; BIGLIARDI & GALATI, 2013).

O amadurecimento do tomate inicia-se com o processo de decomposição da clorofila, por meio de alterações químicas e enzimáticas. Esse processo de degradação é iniciado por fatores externos. Segundo Heaton, et al. (1996), estes fatores são estresse hídrico, luminosidade, alterações térmicas, níveis aumentados de etileno ou a combinação destes fatores. A clorofila ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) difere do Licopeno quanto à sua estrutura molecular, composta por átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e magnésio, enquanto o licopeno é um hidrocarboneto que, quando comparado com os demais carotenóides, é o que mais se destaca por possuir maior capacidade sequestrante do oxigênio singlete e, por apresentar onze duplas ligações conjugadas e duas não conjugadas, proporciona a essa molécula

lipossolúvel maior reatividade (ANGUELOVA & WARTHESEN, 2000).

De acordo com Ribeiro e Seravalli (2004), os efeitos da luz, da temperatura e da oxidação têm papel importante na degradação de carotenóides. Durante a exposição à radiação, pode ocorrer aumento da temperatura, além do que, ao interagir com o meio, a radiação produz radicais livres que promovem a oxidação do material. Portanto, a radiação pode estar provocando a degradação dos carotenóides presentes nos tomates irradiados, o que pode explicar a diminuição dos teores de licopeno nas amostras irradiadas observados no presente trabalho. As características físico-químicas, tais como, a acidez titulável e pH (potencial hidrogeniônico) apresentam funções primordiais nos tomates. A acidez titulável contribui para diagnosticar o estado de conservação destes, pois os teores dos ácidos orgânicos interferem em seu sabor, odor e cor (GIL, et al., 2002). O pH apresenta a função de indicador de qualidade para a deterioração dos frutos e varia conforme as condições de temperatura e de umidade relativa do ar, sendo importante no processo das atividades enzimáticas, controle de microrganismos, retenção de sabor e odor (CECCHI, 2003; FERREIRA, et al., 2012).

O tomate é um fruto, altamente perecível, que apresenta grandes perdas no pós-colheita, pois é suscetível à contaminação por microrganismos patogênicos durante as etapas que vão do plantio, colheita e transporte até o armazenamento e, conseqüente, comercialização. Normalmente, os tomates estão sujeitos à contaminação por *Salmonella* e coliformes fecais, bactérias altamente prejudiciais ao ser humano, que podem provocar, em casos mais graves, o óbito do consumidor (YOUSSEF, et al., 2011). Assim, a característica de fácil deterioração de

frutas e hortaliças, nas etapas que vão desde a colheita até a comercialização, tem levado ao emprego de métodos e técnicas de conservação, que objetivam a eliminação, parcial ou total, de micro-organismos deteriorantes e a inibição de germinação, o que prolonga a vida útil desses alimentos. Normalmente, são utilizados processos de conservação como baixas temperaturas, concentração-desidratação, adição de aditivos, uso de compostos químicos e uso da radiação ionizante através da técnica de irradiação de alimentos (GOMES, *et al.*, 2007; MODANEZ, 2012). A técnica de irradiação de alimentos contribui para elevar o tempo de vida útil de alimentos facilmente perecíveis, por promover o retardamento de processos fisiológicos tais como brotamento e maturação e a eliminação de microrganismos patogênicos. O processo consiste em submeter o alimento a uma dose específica de radiação ionizante, a qual dependerá do objetivo a ser alcançado e do alimento que será irradiado. Normalmente a fonte utilizada é ^{60}Co , no entanto, também podem ser utilizados Raios-X e feixes de elétrons de alta energia (CALÇADA, *et al.*, 2010). Para conservação de frutas frescas e vegetais, as doses empregadas podem variar de 0,05 a 1,0 kGy, no processo de irradiação de alimentos denominado de radurização (FDA, 2011; LEMOS, *et al.*, 2013).

Apesar de autores como József e Mohá (2011) afirmarem que os alimentos expostos à radiação ionizante mantêm suas características nutricionais inalteradas, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, através de sua RDC n° 21 de janeiro de 2001, estabeleceu que todo alimento que passe por processamento alimentar deverá ser avaliado quanto às alterações em suas características físico-químicas (pH, acidez titulável, cor, condutividade, etc.), fitoquímicas e nutricionais

(SANTOS, 2009; BRASIL, 2001). O presente trabalho teve como objetivo avaliar a ação da radiação gama nas doses de 0,5kGy e 1,0kGy nos teores de licopeno em amostras de tomates comercializadas nas cores verdes e vermelha.

2 METODOLOGIA

2.1 Material vegetal

Os experimentos foram realizados, utilizando tomates da cultivar Débora, vendidos em estabelecimentos comerciais e feiras livres, conhecidos como “tomate de mesa”, nos estágios de coloração verde e vermelha, aproximadamente, 3 dias após a colheita. As amostras foram adquiridas no Centro de abastecimento e logística de Pernambuco (CEASA), em Recife – PE, sendo considerados apenas tomates sem danos aparentes em sua superfície e que se enquadraram nos critérios de uniformidade de tamanho e coloração, ou seja, tomates de ± 30 g, e que se apresentavam nas colorações verde ou vermelha.

O estudo obedeceu ao delineamento experimental $16 \times 3 \times 3 \times 2$, o que corresponde a triplicatas de 16 tomates para cada dose (0,5 kGy; 1,0 kGy e o controle não irradiado), nos estágios de coloração verde e vermelho, o que totalizou 288 tomates, sendo 144 na coloração verde e 144 na coloração vermelha. Para cada repetição, os 16 tomates foram separados em 4 bandejas, contendo quatro tomates cada, para, posteriormente, serem levados ao irradiador Gammacell ^{60}Co , modelo 220 Excel-MDS Nordion, pertencente ao Departamento de Energia Nuclear (DEN) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Após a irradiação, os tomates foram armazenados em geladeira, com temperatura de $18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, seguindo a metodologia de Castricini et al., (2002), a qual permite ao fruto manter as suas características fisiológicas durante o período de estudo. A análise para determinação da concentração de licopeno iniciou-se 24 horas após a exposição à radiação, sendo realizadas nos 1°, 3°, 5°, 7°, 9°, 11°, 13° e 15° dias, após a exposição.

2.2 Procedimento para determinação de Licopeno

Considerando que o tecido vegetal do tomate contém elevada porcentagem de água e que os carotenoides são lipossolúveis, foi utilizada acetona como solvente extrator, visto que esse é um solvente orgânico miscível em água. Foram utilizados 2 (dois) tomates para as determinações das concentrações de licopeno, para cada dia de avaliação e para cada estágio de amadurecimento. O procedimento de determinação das concentrações destes compostos seguiu a metodologia proposta por Rodriguez e Amaya (2004). Os tomates, previamente higienizados, foram homogeneizados em liquidificador, obtendo-se uma formação pastosa. Dessa massa homogeneizada, foi retirada uma alíquota de 8 gramas, a qual foi acondicionada em um Becker, onde foram adicionados 40 mL de acetona.

A solução obtida (acetona + tomate) foi transferida para um liquidificador e novamente homogeneizada por três minutos. Em seguida, a segunda solução homogeneizada passou por uma filtragem a vácuo, em filtro de papel *Whatmann* número 4, com o auxílio de um kitassato, protegido com papel alumínio para evitar a foto-oxidação dos pigmentos. Após a filtragem, o filtrado obtido foi transferido para um balão volumétrico,

tomando-se o cuidado de promover a lavagem das paredes do kitassato com 50 mL de acetona, para o aproveitamento de todo o material. Ao conteúdo do balão volumétrico, foram adicionados 45 mL de hexano e esperou-se, cerca de 20 minutos, para que ocorresse a separação entre as fases acetona e hexano. Após a separação, foi realizada a lavagem da solução, para a retirada da acetona, com 100 mL de água destilada. Em seguida, a solução obtida, contendo hexano-pigmentos foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL, sendo completado o seu volume com hexano. Após a sua obtenção, alíquotas de 3 mL da solução hexano-pigmento foram levadas ao espectrofotômetro, modelo CINTRA 10 UV – Visible Spectrometer, para leitura das absorvâncias, em comprimento de onda de 503 nm (máximo de absorção para licopeno). Os valores de concentração de licopeno foram obtidos a partir da equação (01) (RODRIGUEZ e AMAYA, 2004):

$$C_{\text{licopeno}} = 3,956 \times A_{450} - 0,805 \times A_{503} \quad (01)$$

Onde

- C corresponde às concentrações de licopeno (C_{licopeno}), em micro grama por grama de tomate e;
- A corresponde às absorvâncias para o licopeno (A_{503}) e β -caroteno (A_{450})

2.3 Análise estatística

Para comparação entre as médias dos teores de licopeno obtidos, antes e após a irradiação, e durante o período de observação, foi utilizado o teste de múltiplas

comparações de Duncan, em um nível de significância de 5%. Também foi utilizada a técnica estatística de análise multivariada, denominada Análise de Componentes Principais (ACP), para avaliar qual ou quais entre as doses aplicadas e o tempo de observação teve maior influência nos teores de licopeno para os tomates verdes e vermelhos. A ACP é uma técnica da estatística multivariada que tem a finalidade de transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais. Esses componentes principais têm propriedades importantes, tais como: cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados. A ACP tem como objetivo reduzir a massa de dados, com menor perda possível de informação (VARELLA, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 01, são apresentados os valores dos teores de licopeno obtidos a partir de amostras de tomates de cores verde e vermelha, antes e após a exposição às doses 0,5 e 1,0 kGy de radiação. Percebe-se que a radiação provocou uma diminuição nos teores de licopeno, tanto para os tomates verdes quanto os vermelhos, sendo essas diferenças, estatisticamente significativas, ao nível de 5%.

Tabela 01 – Valores de licopeno em tomates verdes e maduros durante 15 dias de armazenamento, sob refrigeração, em três diferentes tratamentos (não irradiado e irradiados a 0,5 e 1,0 kGy).

Dia de avaliação	TOMATES VERDES			TOMATES VERMELHOS		
	Controle	0,5 kGy	1,0 kGy	Controle	0,5 kGy	1,0 kGy
1	0,191 ^{Bh} ±	0,219 ^{Ag} ±	0,044 ^{Cf} ±	1,104 ^{Ah} ±	0,156 ^{Ch} ±	0,408 ^{Bh} ±
	0.003	0.002	0.007	0.002	0.005	0.001

3	0,965 ^{Af} ± 0.003	0,413 ^{Bc} ± 0.003	0,108 ^{Ce} ± 0.002	2,947 ^{Af} ± 0.002	0,924 ^{Bf} ± 0.002	0,687 ^{Cg} ± 0.002
5	0,788 ^{Ag} ± 0.001	0,261 ^{Bf} ± 0.001	0,109 ^{Ce} ± 0.001	2,261 ^{Ag} ± 0.001	0,811 ^{Cg} ± 0.002	1,489 ^{Be} ± 0.001
7	1,464 ^{Ae} ± 0.001	0,265 ^{Cf} ± 0.002	0,284 ^{Bc} ± 0.001	5,196 ^{Ae} ± 0.002	1,204 ^{Ce} ± 0.001	1,475 ^{Bf} ± 0.001
9	1,964 ^{Ad} ± 0.003	0,289 ^{Be} ± 0.002	0,273 ^{Cd} ± 0.001	5,584 ^{Ad} ± 0.001	1,213 ^{Cd} ± 0.002	1,501 ^{Bd} ± 0.002
11	2,534 ^{Ac} ± ±0.002	0,315 ^{Bd} ± 0.001	0,318 ^{Bb} ± 0.002	7,356 ^{Ac} ± 0.002	1,435 ^{Cc} ± 0.002	1,541 ^{Bc} ± 0.001
13	3,031 ^{Ab} ± 0.003	0,480 ^{Bb} ± 0.001	0,403 ^{Ca} ± 0.002	8,488 ^{Ab} ± 0.001	1,635 ^{Cb} ± 0.001	1,685 ^{Bb} ± 0.002
15	3,688 ^{Aa} ± ±0.001	0,503 ^{Ba} ± 0.002	0,285 ^{Cc} ± 0.002	10,317 ^{Aa} ± 0.015	1,937 ^{Ba} ± 0.003	1,803 ^{Ca} ± 0.002

Letras maiúsculas (^{ABC}) diferentes na horizontal do tomate na mesma coloração e diferentes tratamentos diferem entre si; e letras minúsculas (^{abc}) diferentes na vertical na mesma coloração e tratamento, diferem entre si. As análises foram realizadas utilizando teste estatístico de Duncan, ao nível de 5% de significância.

Fonte: Autores da pesquisa (2017)

É possível observar que, independentemente do tratamento aplicado, os teores de licopeno foram aumentando no decorrer do período de observação, sendo as diferenças, estatisticamente significativas, ao nível de 5%. Tanto os tomates de coloração verde quanto os de coloração vermelha alcançaram os maiores teores de licopeno no 15º dia de armazenamento, porém, todos os valores de licopeno diferiram, significativamente, entre si em todos os dias de observação ($p < 0,05$). Resultados semelhantes foram obtidos por Villegas *et al.* (1972). De forma geral, ocorre uma diminuição dos teores de licopeno com a exposição à radiação, o que é comprovado estatisticamente ao nível de 5% (Tabela 01). As variações das diminuições dos teores de licopeno foram bastante

expressivas após a exposição à radiação, no decorrer do período de armazenamento, sendo elas:

- (i) Tomates verdes, irradiados a 0,5 kGy: variação de 0% a 99,9 %, em comparação ao controle. Para esta dose, a radiação ionizante na dose de 0,5 kGy inibiu, aproximadamente, 67% do teor de licopeno até o quinto dia. A partir disso, a inibição foi quase total, chegando a 99,9 %.
- (ii) Tomates verdes, irradiados a 1,0 kGy: variação de 77% a 99,99% Para 1,0 kGy, o comportamento se repetiu, porém, as perdas nos primeiros 5 dias foram mais acentuadas, variando de 77 % a 86 %.
- (iii) Tomates vermelhos, irradiados a 0,5 kGy: variação de 76,83% a 99,98%. Para esta dose, a redução foi quase total nos primeiros cinco dias. Porém, houve uma tendência a aumentar a produção de licopeno a partir do sétimo dia.
- (iv) Tomates vermelhos irradiados a 1,0 kGy: variação de 34,14% a 99,98%. Para esta dose, a redução foi quase total nos primeiros três dias. Porém, houve uma tendência a aumentar a produção de licopeno a partir do quinto dia.

As reduções observadas podem indicar uma provável inibição da síntese desse composto ou a oxidação devido à irradiação (LIMA *et al.*, 2004) o aumento do teor de licopeno está relacionado ao amadurecimento do tomate, enquanto a irradiação inibe a sua síntese. Os efeitos de irradiação reduzem os teores de licopeno nos tomates.

O amadurecimento do tomate inicia-se com o processo de decomposição da clorofila por meio de alterações químicas, e enzimáticas, sendo que, inicialmente, esse processo de degradação é iniciado por

fatores externos. Segundo Heaton e Marangoni (1996), estes fatores são estresse hídrico, luminosidade, alterações térmicas, níveis aumentados de etileno ou a combinação destes fatores. Em seguida, inicia-se a decomposição da clorofila. Inicialmente, ocorre a quebra da oxigenolítica do macrocicloporfirínico do feoforbídeo, seguido por uma redução na intensidade fluorescente do catabólito da clorofila. Este processo ocorre devido à atuação da enzima oxigenase que é encontrada apenas durante a senescência e da enzima redutase a qual sua via depende da ferrodopina.

A oxigenase atua na degradação da clorofila, enquanto os níveis de carotenóides em células de folhas e frutas mantêm-se, relativamente, constantes até o início dessa senescência. Quando a quantidade de clorofila começa a diminuir, as outras cores começam a sobressair (PRUZINSKÁ, *et al.*, 2003). A clorofila ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) difere do Licopeno quanto à sua estrutura molecular composta por átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e magnésio, enquanto o licopeno é um hidrocarboneto que, quando comparado com os demais carotenóides, é o que mais se destaca por possuir uma maior capacidade sequestrante do oxigênio singlete, e por apresentar onze duplas ligações conjugadas e duas não conjugadas, proporcionado a essa molécula lipossolúvel uma maior reatividade (ANGUELOVA & WARTHESEN, 2000).

De acordo com Ribeiro e Seravalli (2004), os efeitos da luz, da temperatura e da oxidação têm papel importante na degradação de carotenóides. Durante a exposição à radiação, pode ocorrer o aumento da temperatura, além de, ao interagir com o meio, a radiação produz radicais livres que promovem a oxidação do material. Portanto, a radiação pode estar provocando a

degradação dos carotenóides presentes nos tomates irradiados, o que pode explicar a diminuição dos teores de licopeno nas amostras irradiadas observados no presente trabalho (Tabela 01).

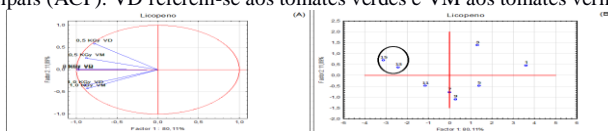
Segundo Coseteng e Lee (1987), após irradiado, a taxa de respiração de todos os frutos aumentou cerca de duas vezes, enquanto que a taxa de produção de etileno foi quase metade do observado durante o amadurecimento de tomates não irradiados. Villegas *et al.* (1972) afirmam que a radiação, geralmente, retarda o processo de carotenogênese, sendo esse efeito mais acentuado em altas doses de radiação e em frutos menos maduros. Isso está de acordo com o observado no presente trabalho, onde é possível observar (tabela 1) que os teores de licopeno para os tomates na cor verde são menores que aqueles na cor vermelha e que os teores de licopeno na dose de 1,0 kGy, comparados com o controle, foram, sensivelmente, menores para os tomates verdes.

Damayanti, *et al.* (1992), ao estudarem abacaxis do cultivar “Queen” submetidos a doses que variaram de 0,05 kGy a 0,25 kGy, mantidos a uma temperatura de $25^{\circ}\pm 3$ C obtiveram resultado semelhante ao apresentado neste trabalho, os quais divulgaram que a radiação gama foi eficaz para prolongar o período de conservação da pós-colheita. Neves *et al.* (2002), com o objetivo de avaliar o comportamento da radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina cv. “Sunred”, um tipo de pêssego de origem Chinesa, submeteram o fruto a doses de 0,2 kGy, 0,4 kGy, 0,6 kGy e 0,8 kGy os quais foram armazenados em câmara fria com temperaturas de 0°C. Os autores observaram que os frutos irradiados estenderam o tempo de prateleira e que após 28 dias de armazenamento os frutos submetidos à dose de 0,4 kGy apresentaram o

melhor aspecto visual, as menores perdas de massa fresca, e a maior firmeza de polpa.

Neste trabalho, a ACP permitiu avaliar como as doses de radiação e o período de observação influenciaram nos teores de licopeno. Os resultados estão apresentados na Figura 01, na qual é possível observar os comportamentos das doses de radiação. A figura indica que tanto o controle quanto as doses de radiação tiveram importâncias semelhantes para a composição da variância (Fator 1: 80,11%) nas determinações dos teores de licopeno dos tomates verdes e vermelhos. As retas que representam as doses se aproximam da linha que representa o círculo unitário, o qual delimita as variáveis mais representativas do fator. Os posicionamentos das retas de 0,5 e 1,0 kGy para os tomates verdes e vermelhos (Figura 1A), indicam que as diminuições dos teores de licopeno foram proporcionais entre as doses, sendo a dose de 0,5 kGy para os tomates verdes, e a dose de 1,0 kGy para os tomates vermelhos, as que apresentaram as menores cargas fatoriais, ou seja, afetam menos os teores de licopeno.

Figura 1. (A) Influência da dose de radiação e do (B) dia de avaliação sobre os teores de licopeno para os tomates verdes e vermelhos, a partir da Análise de Componentes Principais (ACP). VD referem-se aos tomates verdes e VM aos tomates vermelhos.



Fonte: Autores (2017)

Na figura 1B, o posicionamento dos pontos referentes aos 13^o e 15^o dias de observação se encontram mais distantes do 0 da linha vertical. Referente ao Fator 1, indicam que as concentrações de licopeno foram os mais representativos para formação da componente maior nestes dias, independente da dose, tanto para os tomates verdes quanto os vermelhos.

Lima *et al.* (2009), avaliaram os teores de carotenóides e ácido ascórbico em frutos irradiados, com doses de 0,5 kGy e 1,0 kGy e constataram com os seus resultados que a dose de 1,0 kGy apresentou uma redução nos teores de β – caroteno. Taipina e Mastro (2003), ao estudarem a influência da radiação gama sobre os teores de Vitamina A e de β – caroteno em alimentos de origem animal comercializados: fígado bovino, especificamente, fresco e carne de porco do tipo “*pâté de foie*”, constataram que para essas amostras existiu uma retenção completa no teor destes compostos para dose de 3 kGy e que houve uma perda de cerca de 60% β – caroteno para dose de 30 kGy.

Von Elbe (2000) destaca que o pH interfere na decomposição. Quando se tem o pH básico (9,0), a clorofila se torna mais estável ao calor quando comparada ao pH ácido (3,0). Como os carotenóides acumulam-se em cloroplastos de todas as plantas verdes, quando a molécula de clorofila se quebra dá origem ao betacaroteno e ao licopeno, os quais permitem que o tomate adquira as cores laranja e vermelha, referentes aos tomates em amadurecimento e maduro, respectivamente. Um estudo com abacates do cultivar ‘Fortuna’, submetidos a doses de radiação gama possibilitou a Germano *et al.* (1996) constarem que a dose de 0,08 kGy e a de 0,1 kGy promovem um aumento no período de armazenamento sob refrigeração. As amostras de abacates controle se mantiveram firmes por sete dias, enquanto que os irradiados obtiveram quatro e oito dias a mais, respectivamente, para cada dose.

4 CONCLUSÃO

A radiação ionizante provocou uma diminuição nos teores de licopeno, tanto nos tomates na cor verde

quanto vermelha. No entanto, a análise multivariada de Componentes Principais (ACP) mostrou que os tomates que mais sofreram influência da radiação foram os tomates verdes, sendo a dose de 1 kGy a mais efetiva na conservação dos tomates. A ACP também mostrou que a composição dos fatores analisados evoluiu, fortemente, com o tempo.

REFERÊNCIAS

- ANGUELOVA T. Y WARTHESEN J.. Lycopene Stability in Tomato Powders. *Journal of Food Science* Vol. 65. No. 1 pp. 67 – 70. 2000.
- Bigliardi, B.; Galati, F. Innovation trends in the food industry: the case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*. 31: 118-129. 2013.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) *Resolução – RDC nº 21, de 26 de Janeiro de 2001*. Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos. 2001. Disponível em <[HTTP://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/701ccc8004a9b6b1b9672d64600696f00/resolucao_RDC_n_21_de_26_janeiro_de_2001.pdf?mod=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/701ccc8004a9b6b1b9672d64600696f00/resolucao_RDC_n_21_de_26_janeiro_de_2001.pdf?mod=AJPERES)> Acesso em: 24-04-2017.
- CALÇADA, A.; AMARAL, A.; MARTINS, I.; JORDÃO, L.; MENDES, M. *Preservação de Alimentos por Irradiação*. Escola Superior Agrária de Coimbra, 2010.
- CECCHI, H. M.; *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos*. 2. ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 2003.
- CIA, P.; BENATO, E.A.; ANJOS, V.D.A.; VIEITES, R.L. Efeito da irradiação na conservação de uva 'Itália'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.22, n. esp. p.62-67, 2000.
- COSETENG, M. Y.; LEE, C. Y. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science*, New York, v.52, n.4, p.985-989, 1987.
- DAMAYANTI, M.; SHARMA, G.J., KUNDU, S. C. Gamma radiation influences postharvest disease incidence of pineapple fruits. *HortScience*, Alexandria, v.27, n.7, p.807-808, 1992.
- FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Global Food Losses and Food Waste. *Study conducted for the international Congress-Interpack*, Germany, 2009

FDA – Food and Administration. Food irradiation – What you need to know. *Food from de U. S. Food and Drug Administration*, 2011. Disponível em <<http://www.fda.gov/default.htm>>; Acesso em 24/04/2017.

FERREIRA, R. M. A.; LOPES, W. A. R.; MENDES, E. M. M. A.; MANO, N. C. S. M.; SOUSA, C. M. G. S. Caracterização física e química de híbridos de tomate em diferentes estádios de maturação produzidos em Baraúna, Rio Grande do Norte. *Rev. Ceres*, vol. 59 no. 4 Viçosa July/Aug. 2012.

GERNANO, R.M.de A.; ARTHUR, V.; WIENDL, F.M. Conservação póscolheita de abacates Pérsia americana MILL. variedade Fortuna e Quintal, por irradiação. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 2/3, n. 53, p.249-53, 1996.

GIL PT; FONTES PCR; CECON PR; FERREIRA FA. 2002. *Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. Horticultura Brasileira*. 20: 611-615.

GOMES, A. T.; CEREDA, M. P. VILPOUX, O. Desidratação osmótica: uma tecnologia de baixo custo para o desenvolvimento da agricultura familiar. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 3, n. 3. P. 212-226, 2007

HEATON, J.W. et al. Kinetic model for chlorophyll degradation in green tissue. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v.44, p.399-402, 1996.

JÓZSEF, F.; MOHÁ, C. F. C. History an future of food irradiation. *Trends in Food Science & Technology*, v.22, p. 121 – 126, 2011.

KILCAST, D. Effect of Irradiation on Vitamins UK.Pat.KT227RY. *Leatherhead Food Research Association*. Nov. 24, 1992.

LEMONS, S. G.; BORGES, E. S.; NASCIMENTO, M. S.; OLIVEIRA, I. S. Irradiação do chá verde para controle de fungos *Aspergillus* sp. *Scientia Plena*, v. 9, 2013

LIMA, K. S. C.; LIMA, A. L.S.; FREITAS, L.C. DELLA-MODESTA, R. C.; GODOY, R. L. O. Efeitos de baixas doses de irradiação nos carotenóides majoritários em cenouras prontas para o consumo. *Ciências e tecnologia de Alimentos*, v.24, p.183-193, 2004.

LIMA, K.S.C.; LIMA, A.L.S.; FREITAS, L.C.; DELLA-MODESTA, R.C.; GODOY, R.L. O Efeito de Baixas Doses de Irradiação nos Carotenóides Majoritários em Cenouras Prontas para o Consumo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24(2): 183-193. 2009.

MODANEZ, L. *Aceitação de Alimentos Irrradiados: uma questão de educação*, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012. Disponível em <http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Leila%20Modanez_D.pdf> Acessado em 23/04/2017

NEVES, L. C.; MANZIONE, R. L.; VIEITES, R. L. Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina frigoconservada. *Rev. Bras. Frutic.* Jaboticabal - SP, v. 24, n. 3, p. 676-679, Dezembro 2002

PRUZINSKA, A. et al. Chlorophyll breakdown: Pheophorbide a oxygenase is a rieke-type iron- sulfur protein, encoded by the accelerated cell death 1 gene. *Plant Biology*, v.100, n.25, december, 2003.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. Química de Alimentos. 1. ed. Instituto Mauá de Tecnologia, Editora: Edgard Blücher Ltda, São Paulo, p. 155-157, 2004

ROBERFROID, M.B. Prebiotics: the concept revisited. *J. Nutr*, v.137, p.830S-837S, 2007.

SANTOS, G. H. F.; BORGES, E. ; MELO, A. M. M. A.; AMORIM, E. L.A C.; PEIXOTO SOBRINHO, T.J.S.; LIMA, C. S. A.. Influência da radiação gama na ação moluscicida de extratos de cajueiro em *Biomphalaria glabrata*. *Scientia Plena*, v. 9, p. 081012-1-0810012-10, 2013.

VILLEGAS, M.A.; BECERRIL, A.E.R.; AGUILAR, M.A.C. *Respuesta in vitro de três cultivares de fresa a niveles de NH₄ NO₃*. In: CONGRESO NACIONAL DE FITOGENETICA, 1972

VON ELBE J.H. Colorantes. In: FENNEMA, O.W. *Química de los alimentos*. 2. ed. Zaragoza: Wisconsin, Madison. p.782799. 2000.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Safety and nutritional adequacy of irradiated food*. Geneva: WHO, p. 140-141. 1994.

YOUSSEF, E. Y.; GARCIA, C. E. R.; FIGUEIREDO, B.; SHIMOKOMAKI, M. Níveis residuais de sais de cura e seu efeito antioxidante em jerked beef. *Semina: Ciências Agrárias Londrina*, v. 32, n. 2, p. 645-650, 2011.

Enunciação acadêmica: apontamentos sobre a construção da referencialidade e a organização composicional em produções textuais nas Engenharias

José Temístocles Ferreira Júnior
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
temistocles.ferreira@ufrpe.br

Arthur Leandro da Silva Marinho
UFRPE, Recife, Brasil,
arthurlsmarinho@hotmail.com

1 ASPECTOS TEÓRICOS

Neste artigo, temos por objetivo descrever e contextualizar os aspectos da teoria enunciativa por meio da pesquisa que estamos desenvolvendo sobre a produção textual do gênero textual “resumo científico” em áreas das engenharias, partindo do princípio de que “todas as esferas da atividade humana estão sempre relacionadas com a utilização da língua” e isso traz desdobramentos para estrutura composicional e a referencialidade dos gêneros discursivos pertencentes a determinadas esferas de circulação textual (BAKHTIN, 1997, p. 279). A produção textual, enquanto atividade que articula elementos linguísticos evidencia a crescente necessidade de compreensão dos mecanismos de coerência e coesão que configuram a infraestrutura do gênero textual “resumo” na área das Engenharias (MATÊNCIO, 2003). Sendo assim, caracterizamos as dificuldades de produções textuais apresentadas por alunos de diferentes cursos das engenharias, organizados em condições específicas, com finalidades e público bem definidos pelo autor na produção do gênero textual resumo científico, de maneira

que as dificuldades de produções textuais apresentadas por graduandos e profissionais de cursos de Engenharia estão fundadas na esfera enunciativa do gênero. Nesse sentido, concordamos com Bakhtin (1997) quando afirma que o enunciado reflete as condições e finalidades de cada esfera, temática, entre outras e pelo estilo verbal. Em outras palavras, pela seleção operada nos recursos da língua – recursos lexicais, fraseológicos e gramaticais-, mas também por sua construção composicional. Os elementos fundem-se no “enunciado, e todos eles são marcados pela especificidade de uma esfera da comunicação” (BAKHTIN, 1997, p. 279).

A questão fundante dos problemas da organização composicional do gênero “resumo” perpassa o tema do enunciado. É por meio da teoria enunciativa que nos propomos em nossa pesquisa a refletir sobre a organização e disposição do gênero textual, tendo em vista a sua estrutura composicional pertence à esfera acadêmica. Como há diferentes tipos de resumo (pelo menos três: resumo crítico, resumo descritivo e resumo informativo ou resumo científico), delimitamos nossas análises em torno do resumo científico. Esse gênero apresenta nuances relacionadas à esfera de circulação acadêmica e à área ou às áreas do saber em que estão inseridos. Quanto a esse aspecto, Bakhtin (1997, p. 279) ressalta que qualquer enunciado isolado “é individual, mas cada esfera de utilização da língua elabora seus tipos relativamente estáveis de enunciados, sendo isso que denominamos gêneros do discurso”. Nosso posicionamento justifica-se pela razão de encontrarmos nos textos analisados algumas particularidades (ou traços) do autor do resumo. Com isso, nossa proposta é apontar os aspectos enunciativos do letramento acadêmico e entender como o gênero textual “resumo científico” está estruturado na área das

engenharias. Alcançando a compreensão da referencialidade e organização composicional de resumo científico no processo de produção por alunos, podemos perceber que a construção e organização composicional é uma dimensão construída ao longo do processo formativo do sujeito.

Desse modo, não podemos negar a natureza do enunciado em nossas análises. Esse trabalho perpassa as exigências de produção do gênero “resumo científico” por alunos das engenharias, e as particularidades do gênero que intrecruzam a língua e a vida, pois, ignorar o tipo do enunciado e as especificidades do gênero demonstra variedade do discurso em áreas do estudo linguístico leva ao formalismo, à abstração, desvirtua a historicidade do estudo e enfraquece o vínculo língua-vida (BAKHTIN, 1997). Sendo assim, partimos do princípio de que o gênero textual resumo científico possui particularidades e que sua disposição composicional estabelece que possamos distingui-lo dos demais gêneros textuais e ,com isso, evidencia-se que há um estreitamento entre língua e vida. Sobre o estreitamento entre língua e vida, como apontou Bakhtin (1997), indicamos que sua ligação ocorre na natureza dos enunciados do gênero “resumo”. Além disso, as áreas de Engenharias sofrem de certa carência na literatura a respeito de modelos didáticos que contribuam para construção do gênero ‘resumo científico’. Deste modo, reafirmamos que “a língua penetra na vida através dos enunciados concretos que a realizam, e é também através dos enunciados concretos que a vida penetra na língua” (BAKHTIN, 1997, p. 282).

Em nossas análises, os resumos científicos que foram organizados por alunos das engenharias e que estão em processo de formação devem ser considerados em sua composicionalidade como enunciados concretos extraídos

das próprias vivências dos alunos. O mesmo não ocorre com aqueles que estão formados e atuando no mercado de trabalho. Pois, “nesses gêneros só podem refletir-se os aspectos superficiais, quase biológicos, da individualidade (BAKHTIN, 1997, p. 283)”. O que queremos dizer é que os alunos das engenharias estão passando por um processo de letramento acadêmico e, ao mesmo tempo, por um processo de apropriação profissional e científica, e isso também traz desdobramentos à estrutura composicional e à construção referencial dos textos produzidos por esses alunos. Desse modo, “a definição de um estilo em geral e de um estilo individual, em particular, requer um estudo aprofundado da natureza do enunciado e da diversidade dos gêneros do discurso” (Ibidem, p.283). E, nesse sentido, é importante destacar que os gêneros do discurso são estruturas maleáveis, podendo apresentar diversas especificidades, o que pode revelar aspectos enunciativos subjacentes aos domínios discursivos por onde circulam.

Inclusive, a problemática da relação do estilo do autor do resumo na atividade de produção do gênero textual “resumo científico” é uma questão que merece destaque, tendo em vista que:

O vínculo indissolúvel, orgânico, entre o estilo e o gênero mostra-se com grande clareza quando se trata do problema de um estilo linguístico ou funcional. De fato, o estilo linguístico ou funcional nada mais é senão o estilo de um gênero peculiar a uma esfera da atividade e comunicação humana (BAKHTIN, 1997, p. 283).

O estilo do gênero está organizado de forma que seja considerado na esfera da comunicação humana. Além disso, também apontamos que o gênero textual resumo científico está organizado de forma que atenda as exigências da comunicação humana, ou seja, adquire as

especificidades no plano lexical. Por esta razão, o enunciado é um “fenômeno complexo, polimorfo, desde que o analisemos [...] em sua relação com o autor [...] e enquanto elo na cadeia da comunicação verbal” (BAKHTIN, 1997, p. 318-19) relacionado a outros enunciados.

Evidenciamos, desse modo, a complexidade intrínseca do enunciado, se observarmos sua relação com o locutor. O locutor torna-se o elo não apenas entre todos os enunciados do gênero textual, inclusive, no campo verbal, estilístico e composicional, como também deve ser considerado no plano do objeto do sentido, no processo de comunicação verbal. Por isso, em nossa análise textual, levamos em consideração esta complexidade do enunciado apontada por Bakhtin e tentamos observar em nossas análises não apenas a relação verbal dos enunciados, antes de incorporarmos em nossa análise o plano do objeto do sentido, pois levamos em consideração que as significações “lexicográficas das palavras [...] garantem sua utilização comum e a compreensão mútua de todos os usuários da língua”, mas o uso da palavra na “comunicação verbal ativa é sempre marcada pela individualidade e pelo contexto” (BAKHTIN, 1997, p. 313). Acreditamos que as significações assumidas pelas palavras no processo de comunicação verbal do locutor na organização textual do gênero resumo científico são, constantemente, marcadas pela individualidade e contexto de produção. Com isso, em linhas gerais, o nosso projeto de pesquisa procura compreender aspectos linguístico-textuais e enunciativo-discursivos presentes no processo de construção do gênero resumo científico. Os usos da linguagem (oral ou escrita) estão sempre situados em práticas sociais de letramentos (ROJO, 2009), que são competências requeridas para participação em eventos

acadêmico-científicos e exige que o indivíduo esteja inserido nas práticas de letramentos para publicação de resumos de trabalhos nos anais desses eventos, pois “o enunciado é um elo na cadeia da comunicação verbal” (BAKHTIN, 1997, p. 319). E, sendo assim, os resumos científicos, além de trazerem informações importantes acerca do gênero textual que é apresentado/publicado, nos fazem reconhecer, de acordo com Benveniste (1989), que a enunciação é o colocar em funcionamento a linguagem por um ato individual e, desse modo, apontamos que é de acordo com nosso “domínio dos gêneros que usamos com desembaraço, que descobrimos mais depressa e melhor nossa individualidade neles [...], que refletimos, com maior agilidade” (BAKHTIN, 1997, p. 304).

O uso desembaraçado e o domínio do gênero textual resumo científico se realizam na proporção em que a individualidade do locutor é refletida no gênero. Desse modo, nesta pesquisa, analisamos alguns dos resumos acadêmicos de alunos das Engenharias da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), considerando a construção da referência às categorias de pessoa, espaço e tempo que estão inteiramente ligados ao processo de enunciação (BENVENISTE, 1988). Buscamos a compreensão, por meio da análise da produção do gênero textual “resumo científico”, cientes de que esse gênero possui fins específicos, assim como dos fenômenos de referenciação que estão ligados aos mecanismos enunciativos em que a língua é convertida em discurso. Ressaltamos que os resumos analisados foram produzidos em parceria com professores orientadores e submetidos a um evento acadêmico-científico organizado e promovido por professores e gestores da UACSA⁴. A II

⁴ Trata-se da II Semana das Engenharias e I Congresso de Engenharia.

Semana das Engenharias da UACSA ocorreu no período de 24 a 27 de outubro de 2016. Os resumos submetidos e analisados pelo comitê científico constituem o nosso *corpus* de análise. Alunos de graduação em Engenharia da Universidade Federal Rural de Pernambuco e de outras instituições (Universidade Federal de Pernambuco, Instituto Federal de Pernambuco, Universidade Maurício de Nassau, Universidade Católica de Pernambuco etc.) participaram desse evento consultaram as normas de formatação dos resumos, divulgadas pela Comissão organizadora e disponibilizadas no site do evento⁵.

A II SEENG abrangeu as seguintes áreas das Engenharias: Civil, Elétrica, Eletrônica, Materiais e Mecânica. A comissão organizadora elaborou um “modelo” para estruturar o resumo expandido. Contudo, houve alguns que não seguiram o modelo oferecido pela organização do evento, recorrendo a mecanismos próprios de construção textual e organizações composicionais pouco convencionais. Por esta razão, chamamos atenção para que “[...] o intuito discursivo do locutor, sem que este renuncie à sua individualidade e à sua subjetividade, adapta-se e ajusta-se ao gênero escolhido, compõe-se e desenvolve-se” no gênero (BAKHTIN, 1997, p. 301). O intuito e o propósito discursivo do locutor são levados em consideração, pois refletem a individualidade do locutor. E esta individualidade, para adequar-se ao gênero, é ajustada ao propósito do gênero. O “formato estruturado” no modelo da II SEENG parece ter por finalidade garantir que informações indispensáveis à compreensão do trabalho estivessem presentes no resumo, pois “(...) todos os nossos enunciados dispõem de uma forma padrão e

⁵ O site do evento é: <www.semanadasengenharias.com>. Acesso em: 10 de dezembro de 2016, às 9h38min.

relativamente estável de estruturação de um todo” (BAKHTIN, 1997, p. 301).

Desse modo, o modelo estipulado pela comissão organizadora exigia que os resumos estivessem organizados em: 1. Introdução; 2. Materiais e métodos; 3. Resultados e 4. Conclusões. De modo geral, a NBR 6028:2003, da ABNT, que estipula os requisitos para redação e apresentação de resumos, estabelece que um resumo deva conter de forma concisa os pontos relevantes do texto principal, e, como sabemos, uma função (científica, técnica, ideológica, oficial, cotidiana) dadas as condições específicas para cada esfera da comunicação verbal, geram um dado gênero, ou seja, um tipo de enunciado, relativamente estável tematicamente, composicional e estilístico. O estilo é indissociavelmente vinculado a determinadas unidades temáticas e, o que é particularmente importante, a unidades composicionais (BAKHTIN, 1997).

O estilo e as unidades temáticas devem estar entrelaçados na constituição do gênero textual “resumo científico”. Além disso, a ABNT estabelece que o resumo possa ser classificado de três formas: 1. resumo crítico: este tipo de resumo também é chamado de resenha, contém uma análise crítica de determinado texto e não está sujeito a limites de palavras. 2. resumo indicativo: normalmente apenas indica os pontos principais do texto do texto e, por essa razão, não contém dados qualitativos e quantificados, sendo que, por esta razão, a consulta ao texto principal é indispensável. Por fim, 3. resumos informativos. Este tipo de resumo informa ao leitor a finalidade, metodologia, resultados e conclusões do texto principal, de modo que, fica a critério de quem o lê a consulta do texto principal. Quanto à definição e classificação do gênero textual “resumo”, definida pela

própria ABNT 6028:2003, acreditamos que o ouvinte que recebe e compreende a significação (linguística) de um discurso adota [...] “uma atitude responsiva ativa: ele concorda ou discorda (total ou parcialmente), completa, adapta, apronta-se para executar, etc” (p. 290).

A “compreensão de uma fala viva [...]; toda compreensão é prenhe de resposta e, de uma forma ou de outra, forçosamente a produz: o ouvinte torna-se locutor” (p. 290). Pela razão exposta, acordamos para os aspectos enunciativos do gênero textual “resumo científico”. Além disso, a NBR 6028:2003 estabelece orientações acerca do conteúdo, de questões linguísticas e de formatação, por isso, a orientação é que o resumo deve estar organizado e estruturado de forma que estabeleça uma sequência de frases concisas, afirmativas e, por este motivo, também é recomendado que seja construído em um parágrafo único, inclusive, para que sejam estabelecidos os critérios de coesão e coerência no texto. Pois, “o enunciado não é uma unidade convencional, mas uma unidade real, estritamente delimitada pela alternância dos sujeitos falantes, e que termina por uma transferência da palavra ao outro” (BAKHTIN, 1997, p. 294).

2 ANÁLISES DOS DADOS

Levando em consideração a tese benvenistiana, segundo a qual “bem antes de servir para comunicar, a linguagem serve para viver” (BENVENISTE, 1989, p. 222), analisamos os resumos acadêmicos cedidos pela comissão organizadora da II Semana de Engenharias da UACSA. A linguagem, nessa perspectiva adotada para análise dos resumos científicos, tem a função de assegurar a passagem do homem de locutor a sujeito para o exercício intersubjetivo da linguagem nas trocas enunciativas com o outro. Sendo assim, A fala só existe na forma concreta dos

enunciados de um indivíduo: “do sujeito de um discurso-fala. O discurso se molda sempre à forma do enunciado que pertence a um sujeito falante e não pode existir fora dessa forma” (BAKHTIN, 1997, p. 294). A forma do enunciado está estreitamente relacionada com o sujeito que fala. E, como sequência, o conteúdo e a composição dos enunciados no gênero textual “resumo científico”, relacionados à apropriação das práticas de letramento. Por essa razão, no processo de produção do gênero do resumo, os alunos precisam se inserir na esfera acadêmica e se apropriar de estilos e conteúdos próprios de uma determinada área acadêmico-científica com finalidades específicas e propósitos enunciativos claros.

As condições de organização e composição do resumo científico são definidas pelo intuito do autor. Também levamos em consideração que o gênero resumo produzido por alunos de cursos de Engenharias da UACSA demonstra que a produção textual do enunciador pressupõe, necessariamente, um locutor que, por meio da sua produção textual, instala uma relação discursiva com o interlocutor, com o qual enuncia em um contexto linguístico. O locutor é um respondente, pois não é o primeiro locutor, que rompe, primeiramente, o silêncio de um mundo mudo, e pressupõe que a existência do “sistema da língua que utiliza e a existência dos enunciados anteriores [...] aos quais seu próprio enunciado está vinculado” e “ele já os supõe conhecidos do ouvinte” (BAKHTIN, 1997, p. 291). Qualquer enunciado solto no gênero textual “resumo científico” pressupõe alguém além do locutor, ou melhor, que fundamenta e polemiza o enunciado que supôs como evidente na organização do resumo científico. Aqui, nos interessa o processo de inserção e interação de locutores em domínios discursivos acadêmicos e científicos a partir da observação de

produções de resumos científicos. Acreditamos que é no diálogo real que esta “alternância dos sujeitos falantes é observada [...] mais direto e evidente; os enunciados dos interlocutores [...], a que chamamos de réplicas, alternam-se regularmente nele” (BAKHTIN, 1997, p. 295).

Há uma alternância de vozes dentro do próprio discurso. Os interlocutores se alternam dentro do próprio discurso. Sendo assim, a linguagem é caminho possível para que o locutor se insira em contextos situados da atividade humana de modo geral. Na primeira parte desta nossa pesquisa, que está em andamento, analisamos, como já dissemos, resumos científicos produzidos por graduandos de alguns cursos de Engenharia da Unidade do Cabo de Santo Agostinho no contexto de suas participações em um evento acadêmico-científico sobre Engenharia. Na segunda etapa do projeto, iremos comparar essas produções a resumos científicos publicados em periódicos de áreas das Engenharias qualificados com indexadores da CAPES entre B2 e A1 com o intuito de vislumbrar a apropriação/inserção desses alunos no universo acadêmico-científico e, ao mesmo tempo, analisar o processo de letramento acadêmico.

O processo de letramento pressupõe que a palavra exista sob os três aspectos apontados por Bakhtin, acima. Por essa razão, acreditamos que os atos enunciativos estabelecidos no gênero textual resumo científico devam satisfazer a situação que está inserido, a intenção discursiva e expressividade do locutor. No que diz respeito à construção da referencialidade nos textos do *corpus* da pesquisa, analisaremos, mais especificamente, os elementos de que o locutor dispõe para sustentar-se sobre a categoria de pessoa, correlacionado com outras categorias enunciativas, que representadas na língua do sujeito conferem status linguísticos de pessoa ao locutor,

por isso, um grande problema é que são muitas as pessoas que dominando a língua, “sentem-se logo desamparados em certas esferas da comunicação verbal, precisamente pelo fato de não dominarem, na prática, as formas do gênero de uma dada esfera” (BAKHTIN, 1997, p. 303).

Na verdade, as dificuldades de domínio do gênero textual resumo científico são dificuldades na própria comunicação verbal. Então, ao produzir um resumo científico, o locutor, enquanto pessoa discursiva está inserido na relação com um interlocutor e constrói a referência discursivo-textual tomando-o como base. Em outros termos, a referência é uma parte integrante da enunciação. E como Benveniste (1988) aponta que a língua dispõe de formas vazias quanto à referencialidade das quais o locutor se apropria para definir a si mesmo como “eu”, ao mesmo tempo, instala no discurso outra pessoa, que é o tu. Os indicadores de pessoa evidenciam as especificidades da subjetividade do locutor, ainda que não utilize tais marcas para explicitar sua presença na linguagem, pode se valer de mecanismos para atualização enunciativa e ancoragem subjetiva. Nesse sentido, Ferreira Júnior et al. (2015) afirmam:

Categoria de pessoa: classe elementar da linguagem na qual se vê a experiência subjetiva dos sujeitos que se colocam na e pela linguagem. A categoria de pessoa se expressa nas línguas em um sistema de referências pessoais do qual cada locutor se apropria ao se enunciar e que, em cada instância de seu emprego, se torna único e irrepetível. Está centrada na oposição criada entre os integrantes do discurso “eu”/“tu” - “ele”; Categoria de tempo: a categoria de tempo, juntamente com a categoria de pessoa, está ligada ao exercício da fala, se define e se organiza como função do discurso. Este tempo tem seu centro – um centro ao mesmo tempo gerador e axial – no

presente da instância de discurso; Categoria de espaço: sistema de coordenadas espaciais organizadas a partir de um ponto central, que é Eu, segundo modalidades variáveis. A categoria de espaço se presta também para localizar todo objeto em qualquer campo que seja, uma vez que aquele que o organiza está, ele próprio, designado como centro e ponto de referência (Cf. FLORES, 2013, 123). É atualizada por meio de índices de ostentação (de maneira geral, os demonstrativos) e de localização espacial (os advérbios, por exemplo) (JÚNIOR *et al*, 2015, p. 533-534).

Podemos afirmar que as categorias de pessoa, tempo e espaço são instaladas no discurso pelo locutor que, assumindo sua posição na categoria de pessoa como pessoa subjetiva, ‘eu’ estabelece relações de referências e enunciação, como mostraremos em nossas análises. No que diz respeito ao formato de gênero textual “resumo”, “Um enunciado absolutamente neutro é impossível” (BAKHTIN, 1997, p. 308). Por esta razão, acreditamos que a “significação neutra de uma palavra, [...], nas condições reais de uma comunicação verbal, sempre provoca o lampejo de expressividade. (BAKHTIN, 1997, p. 311). Nessa perspectiva, em que analisamos o gênero textual, resumo científico de alunos das engenharias, vemos que os resumos produzidos por eles, no contexto de sua participação na II SEENG, buscam enquadrar-se como resumos científicos. Esse tipo de resumo, além de ser publicado em anais, indica o que o autor da proposta de trabalho científico pretende apresentar. Em outros termos, o resumo científico tem a função de apresentar o texto, contendo as informações principais que serão tratadas no artigo/trabalho a ser apresentado. Como já sabemos, é importante recordarmos que NBR 6028:2003 divide a categoria resumo em 3 subdivisões, cientes de que “Os

gêneros correspondem a circunstâncias e a temas típicos da comunicação verbal e, por conseguinte, a certos pontos de contato típico entre as significações da palavra e realidade concreta” (BAKHTIN, 1997, p. 312). Com isso, pretendemos apontar os aspectos linguísticos dos resumos acadêmicos que são sumarizados, por este motivo deve ser escrito sempre em voz ativa, além de serem escritos em terceira pessoa, e, por isso, deveriam estar organizados em sentenças afirmativas e concisas.

AGRADECIMENTOS

À FACEPE pelo apoio financeiro através da concessão de bolsa. À UFRPE por nos proporcionar uma formação de qualidade e à UACSA por ter disponibilizado material para análise.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Irandé. (2003) *Aula de Português: Encontro e interação*. São Paulo: Parábola, 184 p.
- BAKHTIN, Mikhail Mjkhailovitch. (1997) *Estética da criação verbal*, 2. ed., Martins Fontes, São Paulo, 414 p.
- BAZERMAN, C. (2006) *Gêneros textuais, tipificação e interação*. São Paulo: Cortez, 176 p.
- BENVENISTE, E. (1988) *Problemas de Linguística Geral I*, 2. ed. Pontes: Editora da Univ. Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- _____. (1989) *Problemas de Linguística Geral II*, 2. ed. Pontes: Editora da Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 287 p.
- BRONCKART, J. P. (1999) *Atividade de linguagem, textos e discursos: por um interacionismo sócio-discursivo*, São Paulo: EDUC.
- COSTA VAL, Maria da Graça. (2002) *Repensando a textualidade, Língua Portuguesa em debate*. Azeredo, J. C. (org.), Petrópolis: Vozes.
- FERREIRA JÚNIOR, J. Temístocles. (2009). *A dêixis pessoal nas interações mãe-bebê: a constituição do sujeito no processo de enunciação*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Linguística, Departamento de Letras, Universidade federal de João Pessoa.
- _____.; FLORES, Valdir N. e CAVALCANTE, Marianne Carvalho. (2015) A teoria de Benveniste sobre a pessoalidade e seus desdobramentos na enunciação infantil, *Delta: Documentação de Estudos em Linguística Teórica e Aplicada*, São Paulo, vol. 31, nº 2.

A Linguística Sistêmico-Funcional a Serviço da Análise de Representação da População LGBT

Iran Ferreira de Melo
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
iran.melo@ufrpe.br

1 PALAVRAS INICIAIS

Neste estudo, apresentamos os resultados de uma análise do Sistema de Transitividade como mecanismo de representação de lésbicas, gays, bissexuais e pessoas transgêneras (LGBT) no jornal Folha de S. Paulo. Nosso objetivo é refletir sobre o potencial representacionalista desse recurso gramatical, para compreendermos como o jornal mais lido do Brasil apresenta esse grupo de atores sociais, historicamente marginalizado, de seus direitos sociais e humanos. Selecionamos todas as notícias que o periódico publicou sobre a Parada do Orgulho LGBT, de 1997 a 2012, e verificamos, em orações acerca de pessoas que são caracterizadas pelo jornal como LGBT, como se manifestam os constituintes do Sistema de Transitividade, conforme preconiza a Linguística Sistêmico-Funcional (LSF), proposta por Michael Halliday e Christian Matthiessen (2014).

Em seguida, fizemos uma interpretação dos resultados, para pensarmos como a representação de LGBT é construída e que implicações isso pode ter. Para sintetizar tal estudo, dividimos nossa discussão em dois momentos: primeiro, explicamos o que é o Sistema de Transitividade; em seguida, socializamos os resultados; e, por fim, desenvolvemos uma sumária reflexão sobre o significado de nossas conclusões, diante da conjuntura sociopolítica para LGBT no Brasil.

2 SISTEMA DE TRANSITIVIDADE E SEU POTENCIAL DE REPRESENTAÇÃO

Para a gramática tradicional, a Transitividade está situada no verbo e não na oração: são transitivos aqueles verbos cujo processo se transmite a outros elementos, que lhes completam o sentido, e intransitivos aqueles que instanciam ações que não vão além dos verbos (CUNHA & CINTRA, 1985). Conforme essa ideia, a classificação de um verbo como transitivo ou intransitivo se apoia em um sintagma nominal exigido pelo significado do verbo. Já, no interior de uma gramática funcional, esse recurso é abordado como um sistema gramatical complexo, que envolve diferentes aspectos morfossintáticos e semântico-pragmáticos e nos possibilita, com eles, organizar nossas experiências humanas cognitivas e empíricas (HEBERLE, 1999; CUNHA & SOUZA, 2007).

Tal sistema, como concebido pela LSF, permite identificar as ações e atividades humanas que estão sendo expressas no discurso, bem como que realidade está sendo retratada, já que é por meio da linguagem que falamos de nossas experiências e das coisas existentes no nosso mundo exterior e interior. Essa identificação se dá através dos principais constituintes da transitividade: Processo, Participante e Circunstância. Tais elementos correspondem, de modo geral, às três classes de palavras encontradas na maioria das línguas – verbo, substantivo e advérbio – e permitem analisar quem faz o quê, a quem e em que circunstâncias (HALLIDAY, 1985, 1994; HALLIDAY & MATTHIESSEN, 2014). De acordo com Halliday & Matthiessen (2014), Processos são os elementos responsáveis por codificar ações e eventos, estabelecer relações, exprimir ideias e sentimentos, construir o dizer e o existir; eles se realizam por verbos ou sintagmas verbais. Para esses linguistas, os Participantes

são os elementos que se associam aos processos, de forma obrigatória ou não, e realizam-se por meio de sintagmas nominais, que podem produzir a ação – representando, assim, quem age, sente, existe, fala, encontra-se em dado estado – ou serem, de alguma forma, afetados por ela – isto é, significa quem recebe uma ação, aquele/a que sente, o que é falado etc. Já as Circunstâncias são, segundo os referidos autores, as informações adicionais atribuídas aos diferentes processos, as quais se realizam por meio de advérbios ou sintagmas adverbiais, exprimindo modo, tempo, lugar etc.⁶ O exemplo abaixo nos aponta esses elementos.

(01)

“Parada gay altera domingo na Paulista” (FSP-13/06/04)⁷

Parada gay	altera	domingo	na Paulista
Participante 1 (realiza a ação)	Processo	Participante 2 (é afetado pela ação)	Circunstância (onde o fato ocorre)

Esse exemplo mostra que “Parada gay” (Participante 1) realiza a ação de “alterar”, que recai sobre “domingo” (Participante 2) e é localizada “na Paulista” (Circunstância). Desses elementos constituintes, o Processo ocupa um lugar central no enunciado, visto que é a partir dele que nos damos conta do valor representacional do discurso. Para Halliday & Matthiessen (2014), três tipos de processos são considerados

⁶¹ Mesmo considerando que as circunstâncias servem como recursos modificadores na atribuição de sentido dos Processos e que funcionam, muitas vezes, como norteadores para entender o contexto em que ocorreu a ação representada, não incluímos a sua análise no exame de nossos dados.

⁷² A maior parte dos exemplos apresentados aqui são de nosso *corpus*. Portanto, a sigla indicativa FSP, sempre que aparecer, indicará “Folha de S. Paulo” e a data seguinte será aquela correspondente ao dia da edição do jornal onde consta o texto de onde o exemplo foi retirado.

principais: Material, Relacional e Mental, grupo predominante em orações que configuram, respectivamente, as três instâncias básicas da experiência: (1) ações e eventos, (2) estados e relações abstratas entre elementos do mundo real e, ainda, (3) registros mentais de nossa experiência interior. Complementando essas facetas da experiência, esses autores elencaram três outros processos como secundários: Verbal, Comportamental e Existencial. Os Processos Verbais são aqueles que expressam formas de dizer ou constroem o dizer; os Comportamentais exprimem comportamentos físicos e psicológicos; já os Existenciais são a representação de algo que existe ou acontece.

Os Processos Materiais referem-se a ações externas físicas e perceptíveis, são aqueles através dos quais fazemos algo (são processos de fazer), representados por verbos como: “quebrar”, “organizar”, “congestionar”. Eles são responsáveis pela execução de uma sequência de ações concretas capazes de expressar a construção ou destruição de algo. Além disso, são muito importantes na atribuição de sentido para a representação da ascensão e queda de poder entre os indivíduos. Seus participantes são *Ator*, *Meta*, *Escopo*, *Recebedor* e *Cliente* (HALLIDAY & MATTHIESSEN, 2014; EGGINS, 1995). O Ator é quem realiza a ação propriamente dita e é o participante inerente, seja em oração transitiva ou intransitiva, e a Meta é o participante a quem o Processo é dirigido, aquele que efetivamente é afetado pela ação. Escopo, Recebedor e Cliente são Participantes opcionais. Em virtude disso, alguns Processos Materiais envolvem dois ou mais Participantes e outros apenas um. Daí a importância de se estabelecer uma distinção entre orações *Médias* ou *Intransitivas*, que têm apenas um participante (“em São Paulo, a parada gay cresceu” [FSP-29/06/98]), e orações

Efetivas ou *Transitivas*, que têm dois ou mais participantes (“4ª Parada do Orgulho GLBT que vai tomar hoje a avenida Paulista” [FSP-25/06/00]). Orações Transitivas codificam experiências do tipo “alguém faz algo a alguém” e, por isso, respondem à pergunta “O que nós fazemos ao, com, para ou contra outro?”. Além disso, podem aparecer na forma passiva. Já as Intransitivas codificam experiências do tipo “alguém faz algo” e respondem à pergunta “O que nós fazemos?”.

O Escopo é um Participante que completa a ação, especificando-a. Não é afetado pela ação verbal e pode se referir a um prolongamento do Processo. Já o Receptor e o Cliente ocorrem em contextos bastante diversos. O Receptor está presente em fraseados que denotam a transferência na posse de bens e também na posse de informação. Dessa forma, o Receptor passa a ser a entidade que realiza a posse do bem ou informação. Cliente tende a ocorrer em Processos Materiais que denotam criatividade. Isso acontece porque esse participante representa a entidade para quem alguma coisa é feita ou criada. Halliday & Matthiessen (2014) classificam, ainda, os Processos Materiais em dois tipos: *Criativos* – aqueles que representam a produção de alguém (“acompanhar”, “organizar”, “começar”) – e *Transformativos* – aqueles que denotam mudança e alteração da realidade representada (“colorir”, “destruir”, “cortar”). Já os Processos Mentais lidam com a apreciação humana do mundo, são relativos à representação dos sentimentos, das percepções e dos pensamentos, muitas vezes expressos por verbos como “conhecer”, “amar”, “calcular”. Isso implica que esses processos se referem a ações que não se dão no mundo material, mas no fluxo de nosso pensamento. Através de sua análise, é possível detectar que crenças, valores e desejos estão representados

em um texto. Halliday & Matthiessen (2014) dividem esses processos em quatro subtipos: *Cognição*, relacionados à decisão e compreensão (“saber”, “entender”, “pensar”); *Percepção*, referentes à observação de fenômenos (“sentir”, “ver”, “ouvir”); *Afeição*, relativos aos sentimentos (“gostar”, “amar”, “odiar”); e *Desejo*, significando aspiração (“querer”, “desejar”, “almejar”). Orações com Processos Mentais respondem à pergunta “O que nós sentimos, pensamos ou sabemos?”. Os participantes desse tipo de processo são o *Experienciador* e o *Fenômeno*. O primeiro indica em cuja mente o processo está se realizando e o segundo corresponde ao elemento percebido/sentido pelo Experienciador.

Os Processos Relacionais possuem a função de relacionar (como o nome prevê) duas entidades representacionais no discurso, classificando-as ou identificando-as. Em geral, são realizados pelos conhecidos verbos de ligação (“ser”, “estar”) e pelo verbo “ter”. Halliday & Matthiessen (2014) destacam três principais tipos desses processos: 1. *Relacional Intensivo*, quando uma característica é atribuída a uma entidade (A é ou está B); 2. *Relacional Circunstancial*, quando uma Circunstância está relacionada a uma entidade (A é ou está em B); 3. *Relacional Possessivo*, quando se estabelece uma relação de posse entre dois entes (A tem B). Cada um desses tipos pode ainda ser classificado de dois modos: 1. *Atributivo* – onde uma entidade é atributo de outra; 2. *Identificativo* – onde uma entidade é identidade de outra. Nos Processos Intensivos Atributivos, podemos encontrar dois participantes: o *Portador*, que representa o elemento classificado, e o *Atributo*, aquele que indica o elemento classificador. Segundo Halliday & Matthiessen (2014), uma das principais características desses processos, refere-se ao fato de que o grupo nominal que exerce a função de

Atributo constrói uma classe genérica e indefinida, a qual pode ser precedida de artigos indefinidos. Ainda para tais autores, esses processos podem expressar três tipos de significados, especificando (1) os membros de uma categoria, (2) a fase da atribuição e (3) o domínio da atribuição.

Com relação ao primeiro tipo de significado, um Processo Intensivo Atributivo coloca o Portador na condição de membro de uma categoria realizada, linguisticamente, pelo Atributo. Quanto ao segundo tipo de significado, os Relacionais Intensivos Atributivos significam relações que se desenvolvem através do tempo, ao invés de representar uma situação estática, como no item anterior. Eles apontam uma fase da atribuição, mostrando que o Portador está se tornando o Atributo ou membro do Atributo. Por fim, com o terceiro tipo de significado, ao especificar o domínio de atribuição, os Intensivos Atributivos podem representar tanto elementos relacionados à experiência interna (subjéctiva) dos falantes quanto elementos ligados às experiências externas (empíricas) dos mesmos, isto é, não apenas exprimindo significados associados a domínios subjéctivamente criados, mas também àqueles objetivamente observados. Tais elementos são lexicalizados por meio do Atributo.

Os Processos Intensivos Identificativos caracterizam uma entidade como identidade de outra. Eles contam com duas categorias de participantes: o *Identificador*, elemento definidor que também é chamado de *Valor*, e o *Identificado*, que é alvo da identificação e também chamado de *Característica*. Segundo Halliday & Matthiessen (2014), essa categoria dos Processos Relacionais possui como traço determinante o fato de o grupo nominal que realiza o Identificador ser, geralmente,

um elemento definido, que pode vir acompanhado de um artigo definido.

Os Processos Circunstanciais Atributivos operam de forma bem semelhante aos Intensivos Atributivos. Neles, a Circunstância funciona como um Atributo. Já nos Processos Circunstanciais Identificativos, o elemento circunstancial tem a função de relacionar duas entidades e realiza-se através do Identificado, como vemos em 18. Já os Processos Relacionais Possessivos demonstram uma relação de propriedade entre dois participantes denominados *Possuidor* e *Possuído*. Quando se realizam no modo Atributivo, esses processos apresentam Possuídos que, em geral, caracterizam traços valorativos (como no exemplo 19). Já quando se instanciam como Identificativos, eles expõem Possuídos que marcam a identidade dos Possuidores, identificando o que estes possuem. Os Processos Comportamentais são responsáveis pela construção de comportamentos humanos que englobam atividades psicológicas (ouvir, assistir), fisiológicas (respirar, dormir) e verbais (conversar, fofocar). São, em parte, agir, em parte, sentir. A exemplo dos Mentais, os Comportamentais exigem que, pelo menos, um de seus Participantes seja uma figura animada ou personificada. Têm como Participantes o *Comportante* (participante obrigatório), entidade que realiza a ação, e o *Comportamento*, que define o escopo do processo, como podemos ver no exemplo a seguir.

Por sua vez, os Processos Verbais representam as ações de dizer, comunicar e apontar, codificadas por verbos como “falar”, “comentar” e “afirmar”. Eles configuram relações construídas na mente e expressas em forma de linguagem. Quatro são seus participantes: o *Dizente* (participante inerente ao processo), que realiza a ação, portanto que comunica, diz ou aponta algo; o

Receptor, participante opcional para quem o Processo Verbal se dirige; o *Alvo*, participante, também, opcional, que representa a entidade atingida pelo Processo; e a *Verbiagem*, aquilo que codifica o que é dito, isto é, a mensagem propriamente dita.

Segundo Caldas-Coulthard (1997), inspirada em Halliday (1985), a utilização desses processos recebe outra categorização, que é pertinente para um estudo sobre representação, pois atua na localização dos atores envolvidos na prática representada. Podem ser: a) *Neutros*, aqueles que não expressam nada além do ato ilocucionário (“dizer”, “contar”, “falar”); b) *Estruturais*, os que marcam a estrutura da interação (“perguntar”, “responder”, “completar”); c) *Performativos Ilocucionários*, aqueles que interpretam o ato de fala, nomeando a proposição do falante e sempre significando algo além do ato de dizer. Dividem-se em: *Assertivos*, isto é, aqueles que traduzem uma verdade assumida pelo Dizente (“admitir”, “acreditar”, “negar”), *Diretivos*, os que revelam a intenção do Dizente (através de ordens, sugestões e pedidos, por exemplo) e conduzem o Receptor a agir segundo o que lhe é dito (“proibir”, “mandar”, “inquirir”) e *Comissivos*, verbos que indicam o compromisso do Dizente (“prometer”, “propor”, “tencionar”).

Por fim, os Processos Existenciais são aqueles que representam algo que existe ou acontece e suas proposições são realizadas tipicamente, em nossa língua, pelos processos “haver”, “existir” e “ter”. Eles mobilizam apenas um tipo de participante, o *Existente*.

3 DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS DE ANÁLISE

Dentre todas as sentenças, nas quais verificamos a participação de itens lexicais intanciadores de LGBT,

aquelas formadas por Processos Materiais preponderaram. Isso demonstra que, em nossos dados, esse grupo recebeu maior representação por meio de atividades físicas passíveis de visualização e que afetam, diretamente, alguém ou algo. Verificamos 360 casos de orações com Processos Materiais (“reunir”, “levar”, “atrair”). Dentre eles, 80 são de orações Médias e 280 de orações Efetivas (como, respectivamente, nos exemplos “no ano passado participaram 500 pessoas” [FSP-29/06/98] e “Parada Gay atrai 20 mil manifestantes em São Paulo” [FSP-28/06/99]).

Constatamos que LGBT assumiram o papel temático de Ator em 221 registros (como em “*Gays, lésbicas, bissexuais e transgêneros* fazem ato para cobrar união civil e leis contra discriminação” [FSP-25/06/00]); de Meta em 129 orações, (conforme vemos em “a parada aglutina *todos os segmentos do mundo gay*” [FSP-27/06/99]); de Recebedor em 9 casos (a exemplo de “a *passeata* foi animada por sete carros alegóricos, uma bandeira de 50 metros de comprimento com as cores do arco-íris [...] e centenas de balões coloridos” [FSP-28/06/99]); e de Cliente em 3 enunciados (como em “o professor universitário Jean Wyllys [...] respondia aos *gritos histéricos dos fãs*” [FSP-30/05/05]). Não verificamos nenhum caso em que LGBT possuísse lugar de Escopo.

Os resultados nos mostram, ainda, que 185 registros correspondem a orações em que LGBT assumem papel de Ator em ações criativas, quase sempre na condição de Atores que afetam os seus próprios contextos culturais (a exemplo de “cinco grupos de homossexuais *vão comandar* [...] uma caminhada na avenida Paulista” [FSP-28/06/97]) e 36 outros registros apontam essa mesma função de LGBT em ações transformativas (como podemos ver em “os manifestantes planejam também

quebrar CDs do cantor Tiririca” [FSP-28/06/97]). Sob o horizonte desses resultados, vemos que LGBT aparecem como indivíduos majoritariamente capazes de produzir algo, sujeitos agentes de muitas atividades, embora mais no sentido de fazer algo sobre o entorno de seu próprio campo de ação do que de modificar alguma coisa da sociedade em geral.

Dentre as ocorrências de Processos Mentais, envolvendo LGBT, detectamos 31 registros. Desses, 19 são de Cognição, 3 correspondem ao tipo Percepção, 7 são de Afeição e 12 de Desejo. Os excertos, a seguir, exemplificam, respectivamente, esses usos: “Os manifestantes *planejam* também quebrar CDs do cantor Tiririca” (FSP-28/06/97); “Rogério vestiu-se de freira e ficou coberto da cabeça aos pés, para não *ser reconhecido* por familiares” (FSP-23/06/03); ““Fui em todas as edições e *adoro* o clima”” (FSP-17/06/06); “homossexuais *querem* reunir 100 mil hoje” (FSP-25/06/00). Para esses casos, há 26 registros em que LGBT assumem papel de atores Experienciadores de fenômenos relacionados ao seu próprio universo cultural e 8 casos em que ocupam função de Experienciadores de fenômenos relativos a outrem. Na primeira situação, esses sujeitos são, predominantemente, Experienciadores de Processos Mentais de Cognição (“a drag queen Duda Mendonça *acredita* que a realização e o crescimento da parada são uma ‘vitória’ para a comunidade gay” [FSP-22/06/03]) e, na segunda, de Afeição (“muitos têm medo de passear nas ruas de São Paulo e *preferem* a segurança do shopping” [FSP-10/06/07]). Além disso, verificamos 3 situações em que elementos do contexto de atuação de LGBT assumem a função de Fenômeno de outros atores, tendo, nesse caso, o Processo Mental de Cognição em 2 desses registros (como em “Polícia Militar *estima* que 200 mil pessoas

participaram da quinta edição do evento” [FSP-18/06/01]). Esses resultados nos evidenciam que LGBT como Participante em enunciados com Processos Mentais são representados em nossos dados, predominantemente, como atores Experienciadores de ações ligadas à cognição.

No entanto, essas ações se dão quase sempre como formas de pensar as suas próprias práticas que, na maioria das vezes, estão ligadas ao processo de planejamento da Parada. Nesse sentido, tais resultados nos apontam para um tipo de imagem sobre LGBT que valoriza as atividades mentais que esses sujeitos desempenham, porém em poucos casos essas atividades envolvem outros atores, o que pode deixar entrever para o público-leitor a representação de uma postura egocentrada.

Já em orações com Processos Relacionais, LGBT foram encontrados 140 vezes. Dos Intensivos Atributivos, registramos 66 casos (como em “o público *estava* tímido” [FSP-27/06/99]). Nesses, encontramos 44 orações em que LGBT se apresentam como Portador e 22 em que esses atores são Atributos. Em alguns casos, esses atores são Atributos de orações em que também são Portadores e, em outros (a maioria), os Atributos são adjetivos que denotam aspectos positivos e, não raro, características de ternura e alegria (“divertidos”, “feliz”, “alegre”). Já os Intensivos Identificativos apresentaram-se em 43 casos (como em “Número *é* o triplo do registrado em 98” [FSP-28/06/99]). Dentre eles, 26 vezes LGBT foram representados como Característica e 17 vezes como Valor. Nos casos em que esses atores assumem papel de Característica de um Valor que não corresponde a alguém com identidade LGBT, os Participantes que ocupam o lugar do Valor, geralmente, estão ligados a elementos da Parada (“carros alegóricos”, “lema da Parada”, entre vários outros).

Quanto aos Circunstanciais Atributivos, confirmamos 6 registros (como em “no primeiro [trio], *estarão* o comando da Associação da Parada e convidados especiais” [FSP-22/06/03]), sendo todos eles correspondentes a orações em que LGBT assumem papel temático de Portador. Os Circunstanciais Identificativos aparecem 8 vezes em nossos dados (a exemplo do excerto “ainda *estamos* no caminho da profissionalização” [FSP-27/06/99]), 5 com LGBT na função de Característica e 3 de Valor. Já os Possessivos Atributivos realizaram-se em 4 orações que apresentaram LGBT como Participantes. Destas, 2 trazem registros de LGBT como Possuidores e 2 de LGBT como Possuídos. Por fim, no total de orações com Processos Relacionais Possessivos Identificativos (como no exemplo “os organizadores [...] avisam que a parada *é* de todos que lutam por direitos humanos” [FSP-25/06/00]), deparamo-nos com 22 casos, onde 16 apontam LGBT como Possuidores e 6 como Possuídos. Desses casos, 8 registros apresentaram LGBT como Possuidores de seus pares e elementos associados à Parada.

Com isso, é possível enxergar que a grande maioria das representações de LGBT com Processos Relacionais envolve esses atores na condição de Portadores de Intensivos Atributivos e muitos dos quais, como vimos, na condição de Portadores de Atributos que denotam felicidade e prazer. Enunciados como “Leandro veio *disposto* a abrir a carteira” (FSP-10/06/07) e “Mostraremos aos outros como somos *divertidos!*” (FSP-10/06/12) nos indicam como são tratados tais atores.

Quanto aos casos de Processos Comportamentais, LGBT podem ser vistos em 27 orações, geralmente, instanciados por verbos como “desfilar”, “gritar”, “cantar” e “dançar” (a exemplo de “os participantes cantaram o ‘Hino à Diversidade’ e a ‘Ave Maria’” [FSP-18/06/01]) e

com a maior parte deles (11 casos) estruturados em orações Médias (como em “manifestantes [...] dançavam ao som de Ivete Sangalo, Cazuza e Cássia Eller” [FSP-30/05/05]). Com o uso dessas orações, tais atores ocupam 10 vezes o lugar de Comportantes de situações em que os Comportados são eles próprios ou elementos relativos a eles (como em “Toronto, no Canadá, [...] contou 850 participantes” [FSP-22/06/03]) e nenhuma vez em que os Comportados são outros atores. Além disso, verificamos que, em 5 situações representadas, LGBT atuam como Comportados de atores cujas identidades são diferentes das suas (como, por exemplo, em “o arquiteto Luiz Antônio Cesário, 41, levou a filha Maria Julia, 8, para *ver a festa*” [FSP-03/06/02]). Isso nos mostra, semelhantemente aos casos em que LGBT se apresentam por meio de orações Materiais, que esses atores, quando foram reportados nas notícias através de Processos Comportamentais, apresentam-se, predominantemente, como agentes de ações, mas, nos enunciados em que há um objeto afetado por sua ação, este se identifica como sendo do próprio entorno da Parada.

Já em relação aos casos dos Processos Verbais, podemos notar a presença de LGBT em 77 orações (como “Pereira *afirmou* ainda que, em uma reunião com a PM na quarta-feira, recebeu garantia de segurança” [FSP-28/06/99]), funcionando algumas delas como indicadoras de citações diretas (a exemplo de “‘queremos um artigo específico para o ódio, que defina o crime e as penalidades’, *disse* Jesus” [FSP-25/06/00]). Desse número de casos, 60 são de orações em que LGBT ocupam lugar de Dizente de algo relativo a si mesmos ou a seus pares (“no trio elétrico da Amam [...] Mana, 62, *dizia* nunca ter visto parada gay com tamanha participação de mulheres” [FSP-30/05/05]) e em nenhuma LGBT são Dizentes que

tratam de assunto ligado a outrem. Também não encontramos nenhum registro que evidencia LGBT ocupando a função de Receptor ou Alvo. No entanto, constatamos, em 13 orações, que LGBT está envolvido no constituinte Verbiagem, citado como mensagem emitida por um ator que não é LGBT (a exemplo de “a Polícia Militar [...] *falava* em 2 milhões” [FSP-11/06/07]).

Desses casos, registramos 39 ocasiões em que LGBT ocupam lugar de Dizentes de Processos considerados Neutros (como em “a atual organização já *anunciou* que, em 2004, haverá um tema direcionado aos idosos e adolescentes”), 3 orações em que atuam como Dizentes de Processos Estruturais (por exemplo: “‘A melhor forma de os empresários apoiarem a parada não é estar nela, é oferecer o melhor serviço para quem vem à cidade. [...]’, *completa* Almada” [FSP-14/06/09]) e 21 casos em que esses atores são representados como Dizentes de Processos Illocucionários: 20 Assertivos e 1 Comissivo (respectivamente em: “São Paulo [...] sedia maior evento homossexual do mundo, *afirmam* organizadores” [FSP-14/06/04] e “a maioria dos religiosos [...] está *propondo* um hino pela paz” [FSP-27/06/11]).

Além dessas classificações, previstas nas teorias que citamos, encontramos também 3 casos de Processos Verbais que significam ações enunciativas e, ao mesmo tempo, comportamentais. 2 deles aparecem aglutinando esses dois significados através do verbo “brincar”, por exemplo em: “‘[...] Essa parada faz com que a de Amsterdã pareça sem graça’, *brincou* ele, já enturmado” (FSP-14/06/04). E, o outro apresenta, de modo justaposto, os dois significados, ao expor que o ator diz algo enquanto se comporta de uma determinada maneira: “*perguntou*, enquanto *tascava* em Mathilde um beijo tão casto quanto os ‘selinhos’ de Hebe Camargo [...]” (FSP-30/05/05). Com

esses casos, podemos ver a dupla atuação de LGBT, como Dizente e Comportante, em níveis de instanciação diferentes. Porém, não nos debruçamos sobre essa análise, em função do número pouco representativo dos casos, entretanto importa considerar tais registros, a fim de evidenciarmos essas possibilidades de realização lexicogramatical.

Diante desses dados sobre os Verbais, percebemos que LGBT são bastante representados em orações formadas por esses Processos, principalmente sob o papel temático de Dizente, isto é, muito mais como enunciador de algo do que como receptor ou assunto do que os outros dizem. Esse traço aponta para uma representação que fornece autonomia para esses indivíduos. Contudo, como podemos perceber com nossos resultados, essa autonomia está limitada a mensagens em que eles próprios são o assunto de atos como “dizer” e “falar”, representados como ações estritamente ilocucionárias, isto é, tendo apagados seus propósitos do enunciar.

Por fim, no que diz respeito às orações Existenciais, verificamos 11 sentenças com atores LGBT. Dentre elas, estão os usos de “haver” e “ter” – o primeiro mobilizado em trechos do discurso direto do locutor e o segundo de citações das falas de entrevistados/as (por exemplo, respectivamente: “para os organizadores, *havia* 1,3 milhão de pessoas” [FSP-23/06/03] e “*se tem* lésbica no horário nobre da Globo, seu eu pago meus impostos e sou dona do meu nariz, quem vai me proibir de vir” [FSP-30/05/05]). Se compararmos com a quantidade de participantes existentes nas outras categorias (total de 3 casos), veremos que, com essa realização de fraseado, LGBT recebeu uma maior focalização como sujeitos presentes na Parada.

REFERÊNCIAS

- CALDAS-COULTHARD, C. R. (1997) *News as social practice: a study in critical discourse analysis*. Florianópolis: PGI/UFSC.
- CUNHA, C.; CINTRA, L. (1985) *Nova gramática do português contemporâneo*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- CUNHA, M. A. F.; SOUZA, M. M. (2007) *Transitividade e seus contextos de uso*. São Paulo: Lucerna. (Tópicos em linguagem)
- EGGINS, S. 1995. *An introduction to systemic functional linguistics*. Londres: Pinter Publishers.
- FOLHA DE S. PAULO. (2007) *Manual da redação da folha de S. Paulo*. São Paulo: Folha de S. Paulo.
- GOUVEIA, C. A. M. (2009). Texto e gramática: uma introdução à Linguística Sistêmico-Funcional. *Revista Matraca*, Rio de Janeiro, v.16, n 24, p. 13-47, jan/jun.
- HALLIDAY, M. (1985) *An introduction to functional grammar*. Londres: Edward Arnold.
- _____. (1994) *An introduction to functional grammar*. 2 ed. Londres: Edward Arnold.
- _____; MATTHIESSEN, M. I. M. C. (2014) *An introduction to functional grammar*. Londres: Edward Arnold.
- HEBERLE, V. M. A. (1999) A representação das experiências femininas em editoriais de revistas para mulheres. *Revista iberoamericana do DISCURSO Y SOCIEDAD*, Barcelona, vol. 1(3), p. 73-86.
- _____. (2006) *Transitividade e construção de sentido no gênero editorial*. Tese (Doutorado em Letras) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Comunicação e Identidade no Atendimento Odontológico a Pacientes Estrangeiros em Língua Inglesa

Suzana Ferreira Paulino Domingos
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil
suzana.paulino@ufrpe.br

Luiz Henrique Ferreira Lima
UNIT, Recife
Henrique_pmb@hotmail.com

Josiane Ferreira Freire
UNIT, Recife
joseaneferreirafreire@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

As tradições e a cultura de um povo revelam a sua forma de pensar, além de esclarecer muitos aspectos sobre sua visão do mundo. Quando envolvido no processo saúde-doença, o paciente fica sensível e vulnerável. Considerando-se o aumento de atendimentos a pacientes estrangeiros nas clínicas odontológicas e hospitais de Pernambuco, devido ao crescimento econômico provocado pelo Porto de Suape e pela instalação de grandes indústrias, como a Fiat, no estado, detectou-se a necessidade e a relevância de se ter conhecimento comunicativo em língua inglesa, profissionais de saúde devem adquiri-lo, possibilitando a interação e o acolhimento de pacientes estrangeiros em situação de atendimento ambulatorial e hospitalar. Nesse sentido, esta investigação teve por objetivo geral identificar o perfil linguístico-cultural dos discentes de Odontologia de uma faculdade privada de Recife-PE, bem como, verificar a necessidade da língua inglesa no cotidiano acadêmico-

profissional dos discentes de Odontologia e as ocorrências de situações nas quais os cirurgiões-dentistas e estudantes precisaram utilizar a língua inglesa em assistência a pacientes; sondar o nível de comunicação em inglês dos discentes de Odontologia; expor a importância de uma segunda língua na formação acadêmica dos discentes de Odontologia.

Com a globalização, o desenvolvimento das comunicações, da internet e dos recursos de mídia, a língua inglesa se tornou importante nos âmbitos social, cultural, econômico, político e profissional do mundo inteiro. Essa língua constitui-se no principal parâmetro de comunicação internacional em todos os âmbitos como nas diversas áreas de estudos acadêmicos. As evoluções teóricas, metodológicas e práticas são registradas e/ou traduzidos para o inglês, visando a dar um maior acesso, à comunidade acadêmica, aos saberes e materiais produzidos. O inglês tornou-se, portanto, um ponto de referência para o acesso e divulgação de estudos e conhecimentos entre os profissionais da área em eventos científicos nacionais e internacionais. Esse é um dos principais aspectos que demonstram a importância do inglês para os profissionais atuantes na área de Odontologia. Outro aspecto é o crescente número de empresas e indústrias internacionais se instalando em Pernambuco, bem como o turismo, traz consigo uma gama de estrangeiros que buscam atendimento ambulatorial e hospitalar, aumentando a necessidade de uma formação profissional mais qualificada e humanizada dos profissionais de saúde, uma vez que tratam diretamente com a saúde humana. Considerando-se a relevância de se ter conhecimento comunicativo em língua inglesa, profissionais de saúde devem adquiri-lo, possibilitando a interação e o acolhimento humanizado de pacientes

estrangeiros em situação de atendimento ambulatorial e hospitalar. Sendo o inglês considerado a língua franca, é notória sua importância para o profissional de Saúde se comunicar competidamente com pacientes estrangeiros, evitando equívocos e interpretações inadequadas que podem gerar danos à saúde dos pacientes em atendimento, bem como a correta operacionalização de equipamentos estrangeiros.

Dessa forma, se faz mister para o Cirurgião-Dentista ter conhecimentos linguístico-culturais acerca do referido idioma para sua atuação acadêmico-profissional. Os cursos de formação superior no Brasil ainda precisam fortalecer a proposta de preparação integral dos discentes, oferecendo oportunidades de aprendizagem do referido idioma, com vistas a dar uma base sólida e abrangente de conhecimentos para sua atuação em novos paradigmas socioculturais e acadêmico-profissionais. O objetivo geral da pesquisa foi identificar o perfil linguístico-cultural dos discentes de Odontologia de uma faculdade privada de Recife - Pernambuco. Por sua vez, os objetivos específicos são: verificar a necessidade da língua inglesa no cotidiano acadêmico-profissional dos discentes de Odontologia e as ocorrências de situações nas quais cirurgiões-dentistas e estudantes precisarão utilizar a língua inglesa em assistência a pacientes; sondar o nível de comunicação em inglês dos discentes de Odontologia; expor a importância de uma segunda língua na formação acadêmica dos discentes de Odontologia.

2 A língua inglesa como língua franca

As tradições e a cultura de um povo revelam a sua forma de pensar, além de esclarecer muitos aspectos sobre sua visão do mundo. As semelhanças e diferenças entre as várias culturas, o entendimento de que os fatos sempre ocorrem dentro de um contexto determinado, a

aproximação das situações de aprendizagem à realidade pessoal e cotidiana dos estudantes, entre outros fatores, permitem estabelecer vários tipos de relações entre as Línguas Estrangeiras e as áreas de atuação profissional. De acordo com o disposto nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000), as Línguas Estrangeiras Modernas (LEM) figuram na grande área – Linguagens, Códigos e suas Tecnologias –, na qual assumem a indiscutível função de veículos fundamentais na comunicação entre os homens e parte do conjunto de conhecimentos essenciais que permitem ao estudante aproximar-se de várias culturas que, conseqüentemente, propiciarão interação e integração no mundo globalizado.

A língua inglesa é hoje utilizada como principal meio de comunicação entre falantes de outras línguas. Muitos pesquisadores têm adotado a sigla ELF (English as a Língua Franca), que em português significa “inglês como língua franca”. Eles afirmam que hoje os interlocutores não são somente os nativos, mas sim, falantes de diferentes línguas maternas. Estes pesquisadores defendem que a interação em inglês demonstra o surgimento de um novo fenômeno sociolinguístico (WIDDOWSON, 2012, p. 6). Com a globalização e o avanço da tecnologia, vem a crescente necessidade de o indivíduo se especializar, aprimorar a linguagem e a sua forma de comunicação para que haja uma comunicação direta, clara e efetiva entre atores de diversas áreas profissionais. O English for Specific Purpose (ESP) ou inglês para fins específicos ou, ainda, como é conhecido no Brasil “inglês instrumental” tem sido uma opção para profissionais e acadêmicos da área de saúde que buscam aperfeiçoamento. Segundo Flory e Souza (2009), vivenciamos um forte período de internacionalização, impulsionada pela globalização

crecente influenciando as indústrias, o comércio, entre outros, provocado por uma revolução nas comunicações eletrônicas, possibilitando a comunicação com qualquer parte do mundo de forma fácil, rápida e acessível, por migrações voluntárias de pessoas de um país para outro e, ao mesmo tempo, por um movimento de revitalização de línguas minoritárias.

De acordo com dados cruzados da Policia Federal com a INFRAERO, em 2017, Pernambuco registrou a entrada de 367 mil passageiros estrangeiros no Aeroporto Internacional do Recife, o que representou um aumento de 50% quando comparados com os anos de 2014 e 2016. Grande parte deles se instalou no estado devido ao crescimento econômico provocado pelos polos industriais de Suape e de Goiana, nova cidade membro da Região Metropolitana de Recife, o polo de saúde de Recife. Esse fato gerou uma demanda de pacientes estrangeiros em atendimento nas unidades hospitalares e, especificamente, odontológicas da cidade. Esse grande e crescente número de estrangeiros pode ser um desafio para os profissionais de saúde e, especificamente, para os cirurgiões-dentistas, visto que é preciso compreender a queixa do paciente para melhor atendê-lo, o que aumenta a preocupação de como esta demanda está sendo atendida e se os profissionais se consideram aptos a recebê-la, compreendê-la e atendê-la com qualidade. Uma extensão dessa área tem sido o investimento de algumas instituições de ensino superior em internacionalização com o desenvolvimento de programas de mobilidade acadêmica nas universidades, auxílio financeiro e consultorias voltadas para apoiar acadêmicos não nativos em seus esforços para publicar em revistas internacionais, de língua inglesa (HAMP-LYONS, 2009). A pesquisa sobre gêneros de publicações é uma linha consistente de pesquisa de EAP. Assim, também

podemos ver que a expansão do “Inglês para publicação acadêmica” como língua franca tem benefícios para a comunicação acadêmica internacional (TARDY, 2004).

Hyland and Hamp-Lyons (2002, p. 6) reforçam a necessidade e a importância da criação de uma identidade científico-acadêmica e legitimação das produções de pesquisadores não nativos de língua inglesa como ponto central para compreender a aquisição e apropriação do discurso acadêmico especializado em suas áreas de atuação. O surgimento de novas mídias e meios de comunicação trouxe mudança cultural em todo o mundo, através de e-mail, telefonia móvel, mensagens de texto, *Skype*, e assim por diante. Logo, novos gêneros emergem como resultado desses desenvolvimentos tecnológicos. Como consequência, professores e estudantes precisam entender interações complexas entre características verbais e não verbais de textos acadêmicos (KRESS, 1998).

Considerando os contextos sociais nos quais o texto é criado, as mudanças provocadas pelas novas tecnologias fazem com que estudantes aprendam a partir das necessidades do inglês, uma vez que as razões pelas quais os jovens aprendem inglês agora são diferentes, o mundo é diferente e o processo de ensino e pesquisa devem acompanhar essas mudanças. Ao mesmo tempo, enquanto docentes, é necessário entendermos melhor o que nossos alunos enfrentam e precisam para se alfabetizar academicamente, utilizando a língua inglesa. O termo “letramentos acadêmicos” refere-se a um conjunto complexo de habilidades, não apenas relacionadas à leitura e escrita, que são os fundamentos essenciais do sucesso na vida acadêmica (BRICE HEATH, 1983). Na globalização, o crescimento gradual da língua inglesa como instrumento disseminador do conhecimento científico deriva do English for Academic Purpose, quando muitas disciplinas

mudaram a divulgação de suas publicações da língua materna para a língua inglesa (SWALES, 1997; CRYSTAL, 1997; SALAGER-MEYER, 2008). Sendo assim, saber se comunicar acadêmico e profissionalmente em inglês nos leva a refletir sobre os impactos ideológicos dos discursos de especialistas, em termos de equidade (ou não) do acesso de membros não nativos e iniciantes de comunidades acadêmicas a gêneros de prestígio como publicação em revistas internacionais e leitura desses periódicos (HYLAND, 2000).

3 LÍNGUA INGLESA NA FORMAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DE ODONTOLOGIA

No contexto latino-americano, especialmente no Brasil, o potencial de crescimento da Odontologia requer a adaptação do perfil profissional às novas necessidades e demandas da sociedade, aproximando a realidade acadêmica e profissional. A heterogeneidade no ensino de Odontologia na América Latina, também reflete a necessidade de unificar critérios, especialmente aqueles relacionados à pesquisa e ao uso de evidências científicas. A aprendizagem de línguas no campo da saúde está ligada à abordagem integral do ser como propõe a UNESCO (2011), ao desenvolver os quatro pilares da Educação, incluindo aspectos socioculturais que se baseiam no conhecimento de outras línguas como o fundamento do processo de comunicação, com o contexto cultural da pessoa que identifica seus valores e crenças.

De acordo com Robinson (1991), o mais importante é planejar um curso de inglês, considerando as necessidades reais pessoais e dos grupos de aprendizes nos contextos social, acadêmico e profissional. O centro passa a ser as necessidades dos estudantes para se comunicar,

utilizando a língua inglesa. Nesse sentido, é fundamental estabelecer mecanismos de ensino-aprendizagem da língua inglesa para melhorar o pleno desenvolvimento durante o curso de Odontologia e, principalmente, durante o atendimento aos pacientes. Estratégias curriculares de ensino de Odontologia devem incluir a aplicação clínica de cuidados e que aprofundem a abordagem no campo científico e de pesquisa, bem como o atendimento humanizado com referência ao perfil de competências comunicativas e com o objetivo de otimizar o processo de ensino-aprendizagem. Desse modo, um profissional que apresente domínio de outra língua, especialmente da língua inglesa, pode se sobressair em relação àqueles que não conseguem se comunicar em outro idioma, demonstrando competência comunicativa necessária para atender pacientes estrangeiros e resolver o seu problema de saúde, seja clínica ou cirurgicamente.

Figura 1: Esquema de importância da Língua Inglesa para os profissionais de Saúde.



Fonte: Disponível em: < <https://biomedicalenglish.files.wordpress.com/2010/11/ingles-medico.gif>>.

Nos campos científicos e acadêmicos, o Inglês é a língua comum e a implementação de Inglês é essencial para a análise dos resultados mais relevantes da pesquisa, e, portanto, a incorporação de evidências científicas em prática. Os profissionais de Saúde, especificamente os Cirurgiões-Dentistas devem possuir habilidades relacionadas à concepção, desenvolvimento e avaliação de programas e projetos de investigação. Dentre as maiores dificuldades para o pleno desenvolvimento da pesquisa e atendimento de qualidade a pacientes estrangeiros em

Odontologia estão as limitações no uso do idioma Inglês, essenciais para pesquisar bancos de dados internacionais e para a divulgação internacional da investigação, uma vez que as revistas científicas de maior impacto são publicadas em língua inglesa. A crescente diversidade cultural em nossa sociedade requer que os serviços de saúde e seus profissionais tenham a capacidade de responder a uma população muito diversificada, com as barreiras linguísticas importantes, o que torna difícil e até impossível para uma boa comunicação entre usuários e profissionais.

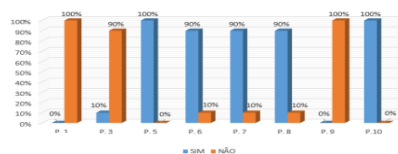
3 METODOLOGIA

A pesquisa é de caráter bibliográfico, exploratório, de campo e de natureza quali-quantitativa. A amostra foi composta por 50 discentes, do oitavo ao décimo períodos, de um curso superior de Odontologia de uma faculdade privada de Recife. A escolha da amostra se deu pelo fato de os estudantes já estarem nos anos finais do curso, e/o fazendo estágios e disciplinas práticas. O instrumento de coleta de dados foi um questionário, contendo perguntas sobre o tema da pesquisa. As questões indagavam sobre o conhecimento do respondente de inglês, seu nível no idioma, se falava outro idioma, qual a importância do idioma na graduação, se sentiu dificuldade em estudar com textos em língua inglesa, se já atendeu pacientes estrangeiros e se está apto a atender um paciente estrangeiro em língua inglesa em situação de urgência/emergência. Os dados foram classificados, analisados e apresentados em forma de gráficos.

4 ANÁLISE DOS DADOS E DISCURSÃO DOS RESULTADOS

Com vistas a identificar o perfil linguístico-cultural dos discentes dos últimos períodos dos cursos de Odontologia de uma faculdade privada, analisamos os dados e apresentamos os mesmos em forma de gráficos, associando aos fundamentos teóricos da pesquisa. Após a análise das questões 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 do questionário, que perguntavam sobre o conhecimento do respondente e seu nível no idioma inglês, outros idiomas, a importância do idioma na graduação e no exercício da profissão. Ainda, se sentiu dificuldade em estudar com textos em língua inglesa, se já atendeu pacientes estrangeiros e se está apto a atender um paciente estrangeiro em língua inglesa em situação de urgência/emergência, obtivemos os seguintes resultados, nas questões destacadas acima, expressos no gráfico abaixo.

Gráfico 1: Conhecimento, nível e importância da língua inglesa para o Odontólogo.



Fonte: Autores da Pesquisa (2018)

Na pergunta número 1, quando perguntados se os respondentes falavam inglês, o resultado indicou, conforme P. 1 no gráfico, que todos os discentes participantes não falavam inglês. Esse resultado revela a problemática existente no conhecimento de língua inglesa por estudantes de cursos superiores, especificamente no curso de Odontologia. Ainda, expressa a real necessidade de investimentos em disciplinas e/ou cursos voltados para a aprendizagem da língua inglesa, com vistas a se

transformar em um profissional da saúde que faz parte do mundo globalizado.

No que se refere à pergunta número 2, quando perguntados acerca do nível de conhecimento dos respondentes sobre a língua inglesa, obtivemos os seguintes resultados expressos no gráfico abaixo.

Gráfico 2: Nível de conhecimento em língua inglesa.



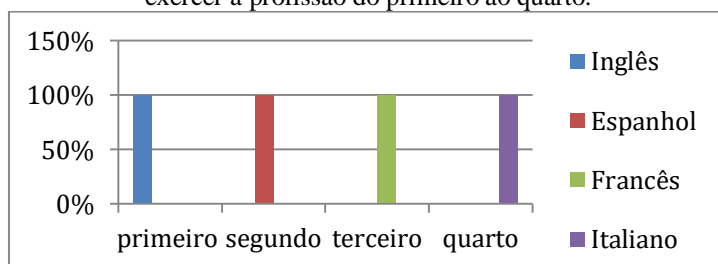
Fonte: Autores da pesquisa (2018)

Na pergunta número 2, os discentes participantes foram questionados sobre como consideravam o seu conhecimento da língua e cultura inglesas, e como resultado exibido no gráfico, 50% afirmaram não ter nenhum conhecimento, 50% relataram ter conhecimento básico, nenhum participante relatou ter conhecimento intermediário e avançado, totalizando 0%. Como na questão número 1, todos disseram que não tinham conhecimento da língua inglesa, então, os resultados da questão número 2 podem estar relacionados a questões culturais adquiridas através da música e do cinema, por exemplo.

Quanto à pergunta número 3, o gráfico aponta que apenas 10% dos discentes falam outro idioma, sendo o espanhol o único relatado. O resultado da pergunta 3 indica que a língua espanhola é mais privilegiada no sentido quantitativo em termos de relato de conhecimento da mesma. Contudo, 10% ainda é um número muito baixo em uma amostra de 50 estudantes de um curso de ensino superior e a língua espanhola não é considerada a língua

franca. O gráfico, a seguir, referente à questão número 4, aponta a importância dada a cada idioma, para tanto, os discentes foram orientados a graduar de 1 a 4, sendo 1 mais importante e 4 o menos importante, neste quesito o inglês foi apontado pelos entrevistados como o mais importante seguido do espanhol, francês e italiano, respectivamente.

Gráfico 3: Grau de importância do conhecimento de idiomas para exercer a profissão do primeiro ao quarto.



Fonte: Autores da pesquisa (2018)

O gráfico, acima, revela os resultados para a pergunta número 4, acerca do grau de importância de saber idiomas para exercer a sua profissão. Os 50 respondentes marcaram, exatamente, as mesmas respostas. Todos os pesquisados indicaram que a língua inglesa é a primeira em termos de importância, a espanhola é a segunda, a francesa é a terceira e a italiana é a quarta.

Na questão número 5, o gráfico aponta que 100% dos discentes consideram importante o ensino da língua inglesa na graduação. Esse reconhecimento se coaduna com Kress (1998) ao afirmar que estudantes precisam estar aptos a interagir e compreender as complexidades de textos acadêmicos. Já na pergunta número 6, o gráfico aponta que 90% dos discentes são a favor da inclusão da língua inglesa na grade curricular do curso de graduação em Odontologia e apenas 10% não acham necessária essa

inclusão. Ou seja, todos respondentes têm consciência da importância do ensino da língua inglesa na graduação do curso de Odontologia e 90% considera relevante que a disciplina de língua inglesa faça parte da grade curricular. O resultado demonstra o reconhecimento, pela maioria dos respondentes, da importância dos letramentos acadêmicos, ou seja um grupo complexo de habilidades fundamentais para o desenvolvimento de conhecimentos na vida acadêmica (BRICE HEATH, 1983). Os 10% que consideram não ser necessária a referida inclusão pode indicar que essa formação pode ser realizada em um ambiente extra-faculdade, em outras palavras, em cursos privados de idiomas.

A questão número 7 revelou que 90% dos discentes já sentiram algum tipo de dificuldade nos estudos quando se deparavam com materiais na língua inglesa e apenas 10% responderam que não sentiram dificuldades, como pode ser verificado no gráfico. Dessa forma, é importante identificar as necessidades nos estudantes (HAMP-LYONS, 2009) para que se possam desenvolver ações para o ensino de inglês, com vistas a melhorar a qualidade de aprendizagem acadêmica (HYLAND, 2000).

Por sua vez, na pergunta número 8, o gráfico aponta que 90% dos participantes acreditam que o domínio de outro idioma aumenta as oportunidades de emprego em sua área profissional e apenas 10% dos participantes acreditam que não é necessário dominar outro idioma para obter maiores oportunidades de emprego. Na pergunta número 9, o gráfico aponta que 100% dos discentes participantes da pesquisa nunca atenderam pacientes estrangeiros. Consideramos que o fato de nenhum respondente ter atendido pacientes, em situação de estágio ou prática, influenciou no resultado da pesquisa, pois acreditamos que se os respondentes

tivessem essa experiência, o resultado seria completamente diferente. Contudo, a resposta da pergunta 10 reflete essa conclusão, como veremos a seguir.

Por fim, na pergunta número 10, o gráfico aponta que 100% dos discentes participantes da pesquisa revelam não se considerarem aptos a atender seus pacientes em outro idioma. A totalidade dos respondentes, ou seja, 50 estudantes de Odontologia, afirmaram não estar aptos para atender pacientes estrangeiros em língua inglesa, reforçando a conclusão da questão nove, caso houvesse a necessidade de atender pacientes estrangeiros, em inglês, eles não conseguiriam realizar a atividade, uma vez que não conseguiriam se comunicar e, portanto, não compreenderiam as queixas e as necessidades dos pacientes. Nesse contexto, com vistas a humanizar e ampliar o acesso ao atendimento e tratamento de saúde bucal, os cirurgiões-dentistas devem estar preparados para lidar com os desafios comunicativos para atender essa nova demanda de pacientes em outro idioma.

Portanto, desenvolver competências comunicativas e culturais em língua inglesa é essencial e relevante para a formação holística do profissional de Odontologia. Dessa forma, entender como os estudantes aprendem e o que precisam aprender deve fazer parte do planejamento curricular do curso de Odontologia para que a formação seja integral, humanizada e que sua identidade profissional seja legitimada pela sociedade (HYLAND and HAMP-LYONS, 2002). Esses resultados poderão auxiliar na compreensão das dificuldades de desempenho profissional no que se refere ao uso da língua inglesa ao atendimento ambulatorial e hospitalar a pacientes estrangeiros. Ainda, através deles pretende-se conscientizar os discentes da importância da língua inglesa no seu futuro profissional.

4 CONCLUSÕES

Esta pesquisa pretendeu responder à complexidade atual dos serviços de saúde que exigem cada vez mais odontólogos que tenham experiência na gestão de informações complexas, no uso de novas tecnologias, planejamento, implementação e avaliação dos cuidados e intervenções, comunicação adequada com o público e promoção de uma prática baseada em humanização e evidências científicas. Considerando o atual panorama social, político e econômico, nacional e internacional, há uma inquietação com o crescente número de discentes não qualificados para a atuação profissional, o que estaria apontando para uma preocupação com os resultados do ensino da graduação. Essa questão, aliada a uma série de reformas e mudanças que ocorreram na educação nos últimos anos, proporciona uma reflexão sobre o que a universidade tem oferecido aos alunos. Alguns profissionais, que não tiveram essa oportunidade, percebem esta deficiência e buscam uma formação complementar.

Assim, é nesse contexto que se inserem os cursos de idiomas na universidade como alternativas educacionais para uma formação mais completa em termos linguístico-comunicativo. Esta pesquisa propõe que haja articulação de conhecimentos linguístico-culturais e humanistas entre a academia e a comunidade de saúde. Dessa forma, promovem-se saberes, cultura, habilidades e competências que levam a uma visão ampla do conhecimento. Visa-se, ainda, à promoção da humanização através da comunicação com o paciente na língua franca e do conhecimento da sua cultura para impactar a comunidade de Odontologia com o conhecimento desenvolvido e promovido pela academia de forma integrada, sensibilizando-a para o conhecimento

da língua inglesa e sua cultura. Os resultados propõem que haja a articulação de conhecimentos linguístico-culturais em inglês e humanistas entre a academia e a comunidade odontológica.

Por fim, a presente investigação poderá despertar o interesse dos discentes a aprimorar seu nível de conhecimento em língua inglesa, a partir da constatação desta lacuna que existe entre o profissional e o paciente estrangeiro, diminuindo ruídos comunicativos e erros no atendimento de saúde bucal. Ainda, poderá contribuir para o desenvolvimento de métodos de formação para a sensibilização, acolhimento e para a melhoria do atendimento a pacientes estrangeiros em língua inglesa e uma disciplina eletiva em língua inglesa e/ou a mobilidade acadêmica em universidades estrangeiras pode ser uma estratégia significativa para solucionar a problemática apresentada.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais*. 2000.
- BRICE HEATH, S. *Ways with words: Language, life and work in communities and classrooms*. Cambridge: Cambridge University Press. 1983.
- CAMACHO-BEJARANO, R.; BARQUERO-GONZÁLEZ, A.; MARISCAL - CRESPO, M.I.; MERINO-NAVARRO, D. Inglês no grau de enfermagem: um assunto pendente. *Rev. Latino-Am. Enfermagem* [Internet]. mar.-abr. 2013 .
- CRYSTAL, D. *English as a global language*. Cambridge: Camb Univ Press. 1997.
- DE SENA, R.R.; COELHO, S. Educación en enfermería en América Latina: necesidades, tendencias y desafíos. *Invest Educ Enferm*. 2004;22(2):120-7.
- ESPAÑA Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (ES). *Marco Común Europeo de referencia para las lenguas*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; 2002.
- FLORY, Elizabete Villibor; SOUZA, Maria Thereza Costa Coelho de. Bilinguismo: Diferentes definições, diversas implicações. *Revista Intercâmbio*, v. XIX: 23 - 40, São Paulo: LAEL/PUC-SP, 2009.

FRANK, R.A. Medical communication: non-native English speaking patients and native English speaking professionals. *English Specific Purposes*. 2000; 19:31-62.

HARRISON, L.; HERNÁNDEZ, A.R.; CIANELLI, R.; RIVERA, M.S. Competencias en Investigación para diferentes niveles de formación de enfermeras: una perspectiva latinoamericana. *Cienc Enferm*. 2005;11(1):59-71.

HYLAND, K. *Disciplinary discourses: Social interactions in academic writing*. London: Longman. 2000.

_____. & Hamp-Lyons, L. EAP: Issues and directions. *Journal of English for Academic Purposes*, 2002, 1–12.

HAMP-LYONS, L. Equity, access and ... plagiarism? *TESOL Quarterly*, 2009. 43(4), 690–693.

KRESS, G. *Visual and verbal modes of representation in electronically mediated communication: The potentials of new forms of text*. 1998. In I. J. Lave & E.

LOUREIRO, A. P. V. *Aprender inglês como segunda língua – A importância do Domínio de outras línguas num mundo globalizado*.2000.

NARVÁEZ, E. La Educación Superior en América Latina ante los desafíos de la globalización. *Rev Venezolana Educ Educere*. 2005.

PALOMINIO MORAL, P. A.; et al. El Espacio Europeo de Educación Superior y las competencias enfermeras. *Index Enferm*. 2005; 14(48-49):50-3.

PLAZA DEL PINO, F.J.; SORIANO AYALA, E. Formación de los profesionales de Enfermería: cuidar en la sociedad multicultural del s. XXI. *Index de Enferm*. 2009; 18:190-4.

INGLÊS no grau de enfermagem: um assunto pendente *Rev. Latino-Am. Enfermagem*. mar.-abr. 2013.

ROBINSON, P. C. *English for Specific Purposes - Today: a practitioner's guide*. U.K., Prentice Hall, 1991.

SALAGER-MEYER, F. Scientific publishing in peripheral (a.k.a. developing) countries: Challenges for the future. *Journal of English for Academic Purposes*, 2008. 7(2), 121–132.

SWALES, J. *Genre Analysis: English in academic and research settings*. Cambridge: Cambridge University Press. 1990.

_____. English as Tyrannosaurus rex. *World Englishes*, 16, 373–382. 1997.

UNESCO. *Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el Siglo XXI: Visión y acción*. UNESCO; 1998-2009. [acesso 18 out 2011] Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001163/116345s.pdf>>. Acesso em: 02/01/2018.

TARDY, C. The role of English in scientific communication: Lingua franca or Tyrannosaurus rex? *Journal of English for Academic Purposes*, 3(3), 2004. 247–269.

WIDDOWSON, H. G. ELF and the inconvenience of established concepts. *Journal of English as a Lingua Franca*, v. 1, n.1, p. 5-26, 2012.

Espiritualidade Organizacional em Instituições Públicas

Mônica Rodrigues de Andrade Silva
ALEPE, Recife, PE – Brasil
monirodrigues@yahoo.com.br

Suzana Ferreira Paulino Domingos
UFRPE, Cabo de Santo Agostinho, Brasil,
suzana.paulino@ufrpe.br

1 INTRODUÇÃO

Atingir metas, exigir novas capacidades, habilidades e atitudes do trabalhador, quando aliados a uma convivência interpessoal desumanizada, pode gerar uma vivência doentia, com características de desapego, medo e insegurança, caracterizando-se por um contexto materialista e insensível (VASCONCELOS, 2008). O fácil acesso a bens materiais e o declínio de instituições como família e igreja levam o homem a, cada vez mais, buscar um sentido para a realização no trabalho (ASHMOS & DUCHON, 2000). Os trabalhadores têm aumentado o desencadeamento de sentimentos de alienação e descontentamento, nas organizações ao invés de comprometimento, eficiência, lealdade e qualidade de vida.

No caso da administração pública, a sua função social depende da qualidade, eficácia e eficiência do setor público que, também, depende do seu capital humano (MATIAS-PEREIRA, 2010) e, em decorrência da Reforma Administrativa do Estado Brasileiro, a partir da década de 1990, o comportamento dos servidores públicos vem sendo desafiado pelas transformações no mundo do trabalho como privatizações e contratos por tempo determinado. Rego e Souto (2004) corroboram com a

ideia de que o progresso humano é diametralmente antagônico ao sistema de gestão fundamentado em lógicas e ética competitivas. Nesse contexto, Zatti e Mendes (2007) ressaltam que ainda são vivenciados pelos servidores públicos, dependendo do setor de trabalho, a realidade dos baixos salários, condições precárias do trabalho, insalubridade, instabilidade do vínculo empregatício e interferência político-partidária nas contratações. Esses modelos administrativos vigentes, cujas características mais marcantes são a fragmentação, a burocratização e a racionalização do trabalho, obviamente dividem as pessoas em partes, negligenciando a sua constituição integral. A própria gestão pública parece se encontrar em crise profunda, refletindo a agonia de uma sociedade doente e carente de significados existenciais. Assim, a busca por soluções deságua em reflexões que se assentam sobre espiritualidade. Nesse contexto, buscou-se a investigação da relação entre Espiritualidade organizacional e servidores públicos da Assembleia Legislativa do Estado de Pernambuco. Buscamos responder a seguinte pergunta-problema: Qual a relação entre a Espiritualidade e os servidores da Assembleia Legislativa do Estado de Pernambuco?

O objetivo geral foi identificar a relação entre as práticas de espiritualidade organizacional, na avaliação dos servidores da Assembleia Legislativa do Estado de Pernambuco. Para alcançá-lo, estabelecemos os seguintes objetivos específicos: identificar o nível percebido das dimensões da espiritualidade nas organizações, pelos servidores efetivos e comissionados e verificar a existência da dimensão espiritualidade organizacional, de acordo com os modelos de Rego, Cunha e Souto (2005).

Na literatura levantada, observa-se a existência de uma lacuna no que se refere ao estudo da espiritualidade

em organizações públicas (VASCONCELOS, 2008). Pretende-se, portanto, contribuir com a Academia para enriquecer a fundamentação teórica do construto espiritualidade nas organizações; e com a ciência no sentido de diminuir a escassez de estudos empíricos sobre espiritualidade nas organizações, especialmente no Brasil (BEZERRA, 2006). A pesquisa buscou compreender o fenômeno da espiritualidade no ambiente organizacional, podendo reorientar as políticas e práticas de gestão que repercutam na oferta de melhores serviços para a sociedade. Também, poderão contribuir para o despertar dos líderes, chefias e funcionários públicos, de qualquer vínculo funcional – seja efetivo ou comissionado – reflexões acerca da influência das práticas de espiritualidade na execução do trabalho cotidiano, no desenvolvimento da carreira profissional, na satisfação do trabalhador, visando além da satisfação própria na prestação do serviço público.

2 ESPIRITUALIDADE

A espiritualidade é tema de discussões e estudos, livros escritos por filósofos, administradores, teólogos e físicos há muito tempo. Esses direcionam-se para o crescimento das necessidades espirituais que o ser humano vem manifestando nos seus mais variados âmbitos de convivência: família, trabalho ou comunidade. Segundo Vergara (2010, p. 52), “o tema espiritualidade insere-se no escopo da subjetividade humana e vem adquirindo relevância na literatura organizacional que trata da gestão de pessoas”. Gibbons (apud VASCONCELOS 2008, p. 1) expressa plena convicção de que espiritualidade “é uma disciplina que se pode configurar como uma poderosa força para o bem da vida das pessoas”. Vasconcelos (2008, p.11) discorre que o paradigma da espiritualidade

demanda a “necessidade de operar em todos os ambientes apenas pelo sistema dos bons valores, de contribuir positivamente em todas as circunstâncias e de buscar a prática do bem”. O autor se refere à espiritualidade como “força intrínseca, inerente a todos nós, e que ainda está lá aguardando o nosso sinal para eclodir” (2008, p. 1). A espiritualidade sempre se apresentou sob diversas roupagens, onde o aspecto religioso teve especial destaque “[...] através dos fenômenos da fé, esperança e confiança em um poder superior” (VASCONCELOS, 2008, p. 1).

Cavanagh (1999), Derous e Ryan (2006) e Siqueira (2008) defendem que há relação entre espiritualidade e religião. Para Souza (2005, p. 13), mesmo espiritualidade sendo uma “expressão religiosa” ligada ao “relacionamento de Deus com o ser humano, tornou-se, na cultura moderna, um termo abstrato, vago e presente em quase todos os segmentos da vida”, incluindo religião, economia, ecologia, negócios. Duffy (2008) concorda com essa premissa, quando afirma que alguns cientistas veem a espiritualidade como ligada à religiosidade de forma clara, e ainda definem espiritualidade como sendo a relação que um indivíduo tem com um poder ou poderes superiores.

Em contrapartida, outros autores compartilham do pensamento de que espiritualidade não está ligada à religião (ASHMOS e DUCHON, 2000; REGO, CUNHA e SOUTO, 2005). Kivitz (2007, p. 71) destaca que “a espiritualidade buscada fora das paredes dos templos pode ser encontrada nas relações com a arte, com a ciência, nas relações afetivas, no senso de família e na filosofia”. Biberman (2007, p. 21) destaca que “vários indivíduos estão sofrendo uma falta de significado e sentido em suas vidas” e enfatiza que o aumento da insegurança e a perda de conexão consigo e com seus valores, tem levado muitos indivíduos a refletir, principalmente, em como vão

prosseguir com suas carreiras profissionais. No presente estudo, será enfocada a espiritualidade, seguindo uma abordagem de ligação cada vez mais próxima com conceitos de bem-estar individual e social (DUCHON e PLOWMAN, 2005) e com a vida profissional e organizacional (BURACK, 1999). A palavra Espiritualidade tem seu radical do latim *spiritus*, significando respiração ou sopro.

Mitroff (2003, pp. 380-381) discorreu sobre espiritualidade, apresentando 10 aspectos, da seguinte maneira: 1) não é formal, estruturada ou organizada; 2) não é denominacional, está acima e além das denominações; 3) é amplamente inclusiva, acolhe a todos, não promovendo uma forma particular de ser espiritual; 4) é universal e atemporal; 5) é fonte fornecedora de significado e propósito em nossas vidas; 6) expressa o temor que sentimos na presença do transcendente; 7) é a sacralidade de tudo diante da trivialidade da vida cotidiana; 8) é o sentimento profundo de interconexão com tudo; 9) é paz interior e calma; 10) Espiritualidade fornece uma fonte inesgotável de fé e força de vontade.

Lama (2004) apresenta um conceito de espiritualidade bem mais acessível ao senso comum e que pode ser vivenciada no cotidiano do ser humano. Para ele, a espiritualidade está relacionada com as qualidades do espírito humano, como amor, compaixão, paciência, tolerância, capacidade de perdoar, contentamento, noção de responsabilidade, noção de harmonia e que trazem felicidade para a própria pessoa e para os outros (2000). Nesse contexto, insere-se a especial importância que a felicidade representa para a existência humana, em nível integral – indivíduo e coletividade, o que implica em bem estar e satisfação com a vida. Esta ênfase no bem estar da comunidade, da população ou mesmo de um povo, e que

deveria ser a base de trabalho e objetivos das políticas públicas. A necessidade de buscar um sentido para o trabalho é designada por vários autores como “o despertar da espiritualidade nas organizações” (ASHMOS & DUCHON, 2000; MATOS, 2001; MILLIMAN ET AL. 2003). A prática de espiritualidade nas organizações é caracterizada pela conexão dos indivíduos à sua comunidade de trabalho, bem como pela efetiva possibilidade de realizar um trabalho que possua significado para suas vidas (REGO, CUNHA & SOUTO, 2007). Para a conscientização organizacional a respeito do valor das práticas de espiritualidade no trabalho, pressupõe-se a consciência de cada um dos líderes que compõem essa organização (CHANLAT, 2012).

2.1 A Espiritualidade nas Organizações

A crescente crise nas formas de gestão, tanto privada quanto pública, bem como a crescente insatisfação e sofrimento do homem na vida e no trabalho, demonstram a profunda desarmonia entre a vida pessoal e a profissional, oriunda da ausência de sentido e de significado de vida. Capra (2003, p. 268) afirma que o maior desafio do século XXI é a transformação do “sistema de valores que está por trás da economia global, de modo a torná-lo compatível com as exigências da dignidade humana e da sustentabilidade ecológica”. Kerber (2009) destaca que, atualmente, vive-se nas organizações uma profunda crise de sentido. Assim, percebe-se que, se o ser humano não procurar encontrar sentido na sua vida, que engloba, também, a organização onde trabalha, seja ela pública ou privada, bem como buscar sentido no trabalho em si, não vai haver benefício material que o compense, em termos de saúde mental, emocional, física, felicidade e realização.

Biberman (2007, p. 21) destaca que “o alto senso de insegurança, a perda de conexão consigo mesmo e com seus valores, que muitos indivíduos têm experimentado no trabalho”, tem levado-os a repensarem o objetivo de suas carreiras. Ashmos e Duchon (2000), Duchon e Plowman, (2005), Milliman *et al* (2003) e Rego *et al* (2007), denominam a necessidade de busca de sentido no trabalho de “despertar da espiritualidade nas organizações” (grifo nosso). Ainda, Ashmon e Duchon (2000), bem como Milliman (2003), veem a espiritualidade no trabalho como o reconhecimento de que os empregados possuem uma vida interior que nutre e é nutrida por uma atividade laboral impregnada de significado no contexto da comunidade em que estão inseridos. Rego, Cunha e Souto (2007) afirmam que a espiritualidade no trabalho ou nas organizações se caracteriza pela oportunidade de desenvolver um trabalho que possui significado, inserido no contexto de uma comunidade, que tenha um sentido de alegria e de respeito pela vida interior. Alguns estudos descrevem a espiritualidade nas organizações como as experiências de espiritualidade pelos trabalhadores no local de trabalho; outros a definem como um conjunto de valores organizacionais (ASHMOS e DUCHON, 2000; GIACALONE e JURKIEWICZ, 2003). Para Mitroff e Denton (1999), espiritualidade no local de trabalho sugere que as organizações de trabalho têm substituído instituições, a exemplo das igrejas, as quais deixaram de desempenhar o papel de comunidade como no passado.

Por outro lado, esta ressignificação para as pessoas e para os grupos só pode ocorrer a partir do momento em que os gestores e as organizações enxergam que o paradigma espiritual pode abrir novos horizontes, além de restaurar a esperança (KORAC-KAKABDASE; KOUZMIN & KAKABDASE, 2002). Neste sentido,

Vasconcelos (2008, p. 46) complementa e ressalta que a organização espiritualizada deverá “abraçar valores humanísticos, tais como atenção, bondade, gratidão, qualidade, reconhecimento, respeito, entre outros, e atos de generosidade”. Em outra perspectiva, Kurth (2003) associa a prática da espiritualidade com a atenção nos relacionamentos, no tratar os outros com dignidade, confiança, respeito, honestidade e amor. Entretanto, muitas organizações, dos mais diversos segmentos, falham neste quesito, demonstrando o quão “desespiritualizadas” o são (grifo das autoras).

No âmbito do serviço público, Vasconcelos (2008, p. 48) ressalta que essa postura no setor público brasileiro – em todas as instâncias – tem passado despercebido do cidadão, revelando um problema crônico de gestão e uma aversão quase aos seus “clientes”, sendo a ausência de espiritualidade na missão e na execução das suas tarefas. O autor ainda acrescenta que “o ambiente de trabalho vem sendo gradativamente repensado como uma comunidade na qual seus membros interagem de maneira intensa e frequente, o que é, aliás, absolutamente correto” (VASCONCELOS, 2008, p. 15). Nesse contexto, percebe-se que as instituições refletem o que as pessoas que ali trabalham são por dentro. Portanto, para trazer a espiritualidade para o local de trabalho, é necessário haver uma mudança da cultura organizacional, em que a transformação dos líderes e dos funcionários ocorra de tal forma que as práticas e políticas humanísticas se tornem integrantes das funções cotidianas da empresa, iniciando, evidentemente, pela conscientização dos seus dirigentes (GARCIA-ZAMOR, 2003; VASCONCELOS, 2008).

Rego, Cunha e Souto (2007) fazem referência a um conjunto de práticas que influenciam determinados aspectos do trabalho, e que existem organizações que vêm

encorajando os seus funcionários a participarem de programas, tais como meditação e oração. A mudança positiva da organização em relação aos funcionários geralmente ocorre a partir da adoção do paradigma espiritual, partindo de algo individual que se exterioriza através de ações, valores, crenças, bem como posturas na família, no trabalho e na sociedade (VASCONCELOS, 2008, p. 72).

Diante desses sinais, percebidos por gestores e cientistas organizacionais, a espiritualidade no trabalho começou, então, a ser estudada com maior interesse (DUCHON e PLOWMAN, 2005). No âmbito das organizações, privadas ou públicas, os gestores enfrentam desafios existenciais, pela eventual dicotomia entre os valores que trazem de suas vidas pessoais e os que são praticados no seu ambiente de trabalho. Este aspecto seria outro fator que vem levando à busca pela espiritualidade, a fim de preencher o vazio, pois, como sugere Pfeffer (2003, p. 32), “o trabalhador deixa, todos os dias, parte do que é no vão da porta para poder trabalhar”. Asseguram Ashmos e Duchon (2000) que combinar as habilidades físicas com a competência intelectual e emocional é uma vantagem competitiva para as organizações. Nesse sentido, as empresas poderão obter o sucesso almejado através da valorização da dimensão intelectual e da dimensão espiritual dos seus funcionários, agregando valor e significado ao trabalho.

A tecnologia, traduzida pelos seus aparatos, tem representado uma verdadeira revolução na vida das pessoas, em nível pessoal e profissional; por um lado impulsiona positivamente os resultados do trabalho, e, por outro lado, tem contribuído para que as pessoas se sintam como propriedade das empresas (BRISKIN, 1997). Nesse sentido, o movimento organizacional vem sendo

direcionado para uma gestão mais focada no seu capital humano, as pessoas. Burack (1999) ressalta que esse tipo de gestão possibilita o equilíbrio de fatores determinantes para o aumento da produtividade e rentabilidade, quais sejam: os fatores físicos (pagamentos, segurança); os intelectuais (aproveitamento de capacidades e competências disponíveis); os emocionais (trabalho em equipe, boas relações interpessoais, desenvolvimento pessoal; adaptação às mudanças ou mesmo a vontade de mudar); e, como não poderia deixar de ser, os espirituais (preocupação com a ética, empatia com as pessoas, promoção de valores como a dignidade e a justiça).

Concordam com essa ideia Duchon e Plowman (2005), afirmando que os reflexos das práticas de espiritualidade no trabalho podem ser observadas e sentidas através de um maior desempenho. Para Milliman, Czaplewsk e Ferguson (2003) esses reflexos podem ser percebidos no comprometimento, envolvimento e satisfação com o trabalho, bem como numa menor rotatividade de pessoal na organização. Mediante esse foco de observação, e demonstrando interesse e preocupações, é que as organizações vêm promovendo ações através de treinamentos ou mesmo eventos, no sentido de trazer à luz reflexões sobre os caminhos do trabalho e do trabalhador neste milênio.

Ashmos e Duchon (2000) desenvolveram e validaram um instrumento de medida da espiritualidade no trabalho em três níveis de análise: individual, unidade de trabalho e organização. Propuseram, então, três dimensões: trabalho com significado, sentido de comunidade e alinhamento do indivíduo com os valores da organização. A partir desse referencial, Milliman *et al* (2003) demonstraram em que grau essas três dimensões da espiritualidade - trabalho com significado; sentido de

comunidade; alinhamento do indivíduo com os valores da organização – explicariam cinco atitudes no trabalho, quais sejam: comprometimento organizacional, intenção de abandono, satisfação intrínseca no trabalho; envolvimento na função e auto-estima de base organizacional. Esses resultados foram confirmados pelo trabalho de Rego, Cunha e Souto (2005), os quais desenvolveram o seu próprio instrumento para “medir” espiritualidade, acrescentando às três dimensões anteriormente testadas, mais duas dimensões: sentido de alegria no trabalho e oportunidades para a vida interior.

2.2 Dimensões da espiritualidade no trabalho

a) Sentido de comunidade na equipe

Nesta dimensão, o funcionário se sente envolvido com a organização, percebendo uma profunda conexão e relacionamento com os outros, articulada como sentido de comunidade (ASHMOS; DUCHON, 2000). Os autores ainda ressaltam que esta conexão ocorre no nível grupal do comportamento humano. Rego, Cunha e Souto (2005) concordam com esses estudos iniciais afirmando que essa dimensão envolve fatores relacionados com o espírito de equipe, o zelo mútuo entre seus membros, significando o grau em que os membros da organização experimentam uma forte conexão ou relação com as outras pessoas que fazem parte do seu ambiente de trabalho. Nesse sentido, também apontam para o sentido de comunidade e de propósito comum. Em outros estudos é ressaltado que o espírito de equipe em uma organização é um dos sinais que demonstram que a instituição é espiritualizada, tendo em vista que as pessoas que desenvolvem diferentes funções, ou fazem parte de diferentes setores cooperam entre si para que suas metas sejam alcançadas (ZOHAR e MARSHALL, 2006). Essa importância do espírito de comunidade é ressaltada pelo Dalai Lama (2004), quando

fala sobre a felicidade no trabalho, afirmando que deve haver um cuidado com os relacionamentos no trabalho, principalmente no modo de interação interpessoal, tentando manter valores humanos essenciais ao trabalho.

b) Alinhamento entre os valores organizacionais e individuais

Segundo Rego, Cunha e Souto (2005), essa dimensão engloba, sobretudo, fatores relacionados com a compatibilidade dos valores e da vida interior do indivíduo com a missão e os valores da organização. Ashmos e Duchon (2000) defendem a ideia de que esse alinhamento ocorre quando os gerentes e os empregados de uma organização possuem preocupação com a coletividade e são conscientes disso, não pensando apenas nos interesses da organização e dos seus *stakeholders*. Quando os indivíduos se identificam com os valores da organização, torna-se mais fácil haver a internalização desses valores, propiciando a que os mesmos ajam instintivamente, sem precisar processar as informações (DEHLER, 1994).

c) Sentido de préstimo à comunidade

Esta dimensão, segundo Rego, Cunha e Souto (2005, p.12), inclui itens sugestivos de que o “trabalho corresponde a importantes valores de vida do indivíduo e é útil à comunidade”; é desempenhar um trabalho com significado. Segundo o autor, a idéia de mudança ou troca compartilhada por todos, conforme sugere a raiz da palavra “comunidade”, é muito aproximada do sentido de comunidade nas organizações na atualidade. O ser humano busca, primariamente, significado e valor; precisa da sensação de que está fazendo algo que vale à pena e que tem um propósito. Quando não consegue este significado e valor, adocece ou morre (ZOHAR e MARSHAL, 2006). Nesse sentido, Lama (2000) ressalta que a vida que é

vivenciada baseada na produção de bens ou serviços, e não na busca da felicidade, não é suficiente para assegurar um sentimento de completude no ser humano. Para que a felicidade ou completude ocorra, devem-se somar os resultados das ações empreendidas, das atividades realizadas e o efeito que irá causar no próprio homem, na sua família e na sociedade (LAMA, 2000).

d) Sentido de alegria no trabalho

Para Rego, Cunha e Souto (2005, p.12), essa dimensão “engloba itens relacionados com o sentido de alegria e de prazer no trabalho”. Os autores ainda defendem que os seres humanos definem a sua identidade a partir da interação com os grupos dos quais estão fazendo parte e que necessitam vivenciar o sentido de pertencer ao grupo, além de procurar alegria nas atividades do cotidiano. A satisfação com o trabalho desempenhado tende a deixar o indivíduo mais feliz de uma maneira geral, sendo uma via de mão dupla, já que os que são mais felizes na vida tendem, de uma forma integral, a ser mais felizes no trabalho (LAMA, 2004).

e) Oportunidades para a vida interior

Rego, Cunha e Souto (2005, p. 12) consideram que esta dimensão “abrange itens relacionados ao modo como a organização respeita a espiritualidade e os valores espirituais do indivíduo”. Este aspecto que abrange a consciência interior é também ressaltado por Guillory (2000) ao argumentar que a espiritualidade faz parte do domínio da consciência interior e que se manifesta como uma sensação de harmonia, interconexão e unidade. As pessoas estão vivenciando uma perda de significado e finalidade de suas vidas, criando um vazio espiritual. Como para muitas pessoas o trabalho, e o seu local de desempenho, tem uma importância crucial, às vezes,

central em sua existência, se esse trabalho não propicia a oportunidade para a vida interior, os outros aspectos também poderão ser comprometidos negativamente.

Quadro 1 - Dimensões da Espiritualidade

DIMENSÕES	RELAÇÃO
Sentido de comunidade na equipe	Espírito da equipe, zelo mútuo entre os seus membros, sentido de comunidade e propósito comum.
Alinhamento do indivíduo com os valores da organização	Compatibilidade de valores e da vida interior do indivíduo com os valores da organização.
Sentido de préstimo à comunidade	O trabalho realizado corresponde a importantes valores da vida do indivíduo e é útil à comunidade.
Alegria no trabalho	O sentido de alegria e de prazer no trabalho.
Oportunidades para a vida interior	Modo como a organização respeita a espiritualidade e os valores espirituais do indivíduo.

Fonte: Adaptado de Rego, Cunha e Souto (2005).

O quadro está voltado à relação entre as práticas de espiritualidade nas organizações e os trabalhadores.

3 METODOLOGIA

O objetivo geral do presente estudo foi investigar o construto espiritualidade organizacional na perspectiva dos funcionários da Assembleia Legislativa do Estado de Pernambuco, com base em Rego, Cunha e Souto (2005) e de Rego e Souto (2002, 2004).

3.1 Delineamento e Caracterização da Pesquisa

A pesquisa foi formatada nas abordagens quantitativa e qualitativa. Foram empregadas escalas já validadas por outros pesquisadores (REGO, CUNHA e SOUTO, 2002, 2004, 2005), cujos resultados foram

mensurados e tratados estatisticamente. O estudo possui uma natureza descritiva e considera as percepções dos indivíduos acerca do ambiente de trabalho, sendo possível utilizar os resultados para avaliações organizacionais.

3.2 Locus da Pesquisa

O *locus* da pesquisa foi a Assembleia Legislativa do Estado de Pernambuco (ALEPE), que representa o Poder Legislativo Estadual; composta por 49 gabinetes parlamentares e uma estrutura administrativa: Mesa Diretora, Superintendências, Gerências e Departamentos.

3.3 População e Amostra

A população estudada foi composta pelos servidores da ALEPE com vínculos efetivos e comissionados Na data-base do mês de novembro de 2013, foram 1.649, sendo 258 efetivos e 1.341 comissionados. A amostra compreende 141 questionários válidos, dos quais 45 de servidores efetivos e 96 de servidores comissionados.

3.4 Instrumento de Coleta de Dados

A coleta de dados foi através do instrumento questionário autoadministrado, no período de 15/12/2013 a 28/02/2014. Investigamos os dados demográficos dos respondentes e a Escala de Espiritualidade. O instrumento de medida da espiritualidade (REGO; CUNHA; SOUTO, 2005), é dividido em cinco dimensões, com um total de 19 assertivas. Os autores sugerem o uso de uma escala do tipo Likert de 6 pontos, sendo 1 (discordo totalmente) e 6 (concordo totalmente). Na sequência, encontram-se o Quadro 2 da Escala de Espiritualidade, mostrando as dimensões de cada construto com seus respectivos itens.

Quadro 2 - Escala de Espiritualidade

DIMENSÃO 1 - Sentido de comunidade na equipe
DIMENSÃO 2 - Alinhamento do indivíduo com os valores da organização
DIMENSÃO 3 - Sentido de serviço à comunidade
DIMENSÃO 4 - Alegria no trabalho
DIMENSÃO 5 - Oportunidades para a vida interior

Fonte: Adaptado de Rego, Cunha e Souto (2005)

3.5 Classificação e Análise dos dados

Os dados fornecidos pelas Escalas de Espiritualidade (REGO, CUNHA e SOUTO, 2005) foram classificados e analisados através do método quantitativo e demonstrados em tabela.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

4.1 Nível das dimensões da espiritualidade percebido pelos servidores efetivos e comissionados da ALEPE

Foram verificadas a média e o desvio padrão médio de cada dimensão da espiritualidade, identificando o nível percebido pelos servidores efetivos e comissionados, bem como o nível percebido pelas duas categorias juntas (geral), como podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2 - Média e Desvio Padrão de Espiritualidade

Dimensões	Efetivos		Comissionados		Geral	
	Média	D.Padrão	Média	D.Padrão	Média	D.Padrão
Comunidade	4,2	1,0	4,4	1,0	4,4	1,0
Valores	4,0	1,2	4,4	1,2	4,3	1,2
Serviço	4,6	1,3	5,0	0,9	4,8	1,0
Alegria	4,9	1,0	5,0	0,8	5,0	0,9
Oportunidade	3,2	1,3	2,9	1,5	3,0	1,4

Fonte: Dados da pesquisa (2014)

Independente do vínculo funcional do servidor da ALEPE ser efetivo ou comissionado, é percebido, pelas médias apresentadas, que a dimensão da espiritualidade que obteve a maior média foi “alegria no trabalho”, na análise designada como “alegria”, ou seja, este item apresenta um nível alto de percepção por parte dos servidores em geral. No entanto, os dados mostram que os servidores comissionados apresentam um nível mais alto de “alegria no trabalho”, ao lado de um desvio padrão médio mais baixo que os servidores efetivos. Pode-se inferir que há sentimento de alegria pelo trabalho que é realizado, bem como prazer em ir ao trabalho diariamente. Este aspecto parece ter uma grande significância para os servidores efetivos e comissionados da ALEPE. Esta análise corrobora com o que fundamenta Giacalone & Jurkiewicz (2003), quando falam que a espiritualidade no trabalho pode propiciar experiências mais transcendentais aos funcionários através dos processos de trabalho, facilitando a conexão, a completude e a alegria.

Destaca-se em segundo lugar, um nível considerável de percepção da dimensão “sentido de serviço à comunidade”, na análise designada como “serviço”, apontando para a realização de um trabalho relacionado com o que os servidores consideram importante, além de perceberem a existência de benefícios para a sociedade a partir desse trabalho, o que parece trazer o sentimento de ser útil à sociedade. Mais uma vez, os servidores comissionados apresentam um nível ligeiramente acima dos efetivos, ao lado de um desvio padrão médio menor. Nessa dimensão, Rego; Cunha e Souto (2005) destacam o desempenho de um trabalho com significado, a ideia de troca ou mudança compartilhada por todos, demonstra o sentido de comunidade nas instituições. Pode-se conjecturar que, pelo fato da maioria

dos comissionados trabalharemos em gabinetes parlamentares, exercendo cargos de confiança e de livre nomeação e exoneração, haja um maior sentido de ajuda mútua, vínculo de confiança entre todos, no sentido de entregar um serviço de qualidade ao cidadão ou eleitor.

A terceira dimensão mais percebida foi o “sentido de comunidade na equipe”, na análise designada como “comunidade”, onde os servidores parecem sentir-se parte de uma família, fomentando a criação de um espírito de comunidade na própria equipe de trabalho. Neste sentido, pode-se inferir que os servidores efetivos e comissionados da ALEPE estão ligados entre si por um propósito comum e que se preocupam com pessoas excluídas da sociedade.

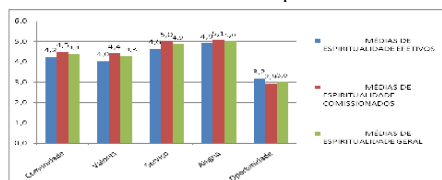
Rego, Cunha e Souto (2005) dão suporte a essa percepção quando afirmam que essa dimensão envolve fatores relacionados com o espírito de equipe e o zelo mútuo entre seus membros, onde os servidores podem experimentar uma forte conexão com as outras pessoas que fazem parte do seu ambiente de trabalho. Zohar e Marshall (2006) ressaltam que esse espírito de equipe em uma organização é um dos sinais que demonstram que a instituição é espiritualizada, haja vista as pessoas cooperarem entre si, mesmo quando desenvolvem funções diferentes ou fazem parte de diferentes setores.

A penúltima dimensão da espiritualidade mais percebida pelos servidores efetivos e comissionados da ALEPE foi o “alinhamento do indivíduo com os valores da organização”, na análise designada como “valores”, mais uma vez, os servidores comissionados apresentaram um nível ligeiramente mais alto de percepção do que os efetivos. No entanto, ambos os vínculos demonstram um nível considerável desta dimensão, significando que eles se sentem relativamente bem com os valores que predominam na ALEPE, sentindo-se ligados aos seus

objetivos, e sentindo-se relativamente bem acerca do seu futuro na instituição. Os líderes da instituição preocupam-se em ser úteis à sociedade. Essa dimensão enfatiza os fatores relacionados com a compatibilidade dos valores e da vida interior do servidor com a missão e os valores da instituição (REGO; CUNHA; SOUTO, 2005). Neste caso, Ashmos e Duchon (2000) defendem a ideia de que esse alinhamento ocorre quando os gerentes e os empregados de uma organização possuem preocupação com a coletividade e são conscientes disso, não focando em interesses organizacionais e dos *stakeholders*.

O nível de concordância mais baixo inferido a partir dos dados foi para a dimensão “oportunidades para a vida interior”, na análise designada como “oportunidade”. No entanto, há que se ressaltar que as assertivas referentes a esta dimensão da escala estão formuladas na negativa. Logo, os resultados mostram que os servidores efetivos, na sua maioria, discordam em parte de que a instituição não valoriza os seus valores espirituais ou que não haja lugar para a sua espiritualidade no local de trabalho. Os servidores comissionados tiveram um nível de percepção mais baixo do que os efetivos. Pode-se, então, inferir que os comissionados discordam que a ALEPE não valoriza os seus valores espirituais no local de trabalho ou mesmo de que não haja lugar para a sua espiritualidade na instituição. Observe a comparação, no Gráfico 1, referente à media do nível de cada dimensão da espiritualidade, por vínculos.

Gráfico 1 - Médias de Espiritualidade



Fonte: Dados da pesquisa (2014)

Portanto, os servidores da ALEPE percebem um nível de moderado para alto de espiritualidade. Destaca-se, entretanto, que quando analisados separadamente, os servidores comissionados apresentam índices, ligeiramente, maiores do que os efetivos. Também foi percebido que as dimensões de espiritualidade que mais se destacam, na visão dos servidores, são a “alegria no trabalho” e o “sentido de serviço na comunidade”. O nível mais baixo de concordância está na dimensão “oportunidades para a vida interior” que possui assertivas construídas em linguagem de negação, ou seja, quando os servidores discordam em parte ou discordam de que os seus valores espirituais não são valorizados no local de trabalho, percebem uma moderada oportunidade à vida interior na organização.

4.2 A existência da dimensão espiritualidade

Para descrever a existência das dimensões de espiritualidade foi utilizado o programa SPSS. **Comunidade** - É provável que a dimensão comunidade não esteja em um nível de satisfação no trabalho ou mesmo a questão da confiança nos líderes, tendo em vista ser uma instituição basicamente política, onde podem existir interesses que não atendam ao sentido de comunidade da equipe (REGO, CUNHA E SOUTO, 2005). Zanelli (2004) defende que este vínculo normativo é oriundo de um conjunto de pensamentos, onde são reconhecidos deveres e obrigações morais para com a organização, os quais podem ser acompanhados de sentimentos de culpa, preocupação ou incômodo quando o funcionário pensa em sair da organização. Se a dimensão “comunidade” pressupõe colaboração, ajuda mútua e preocupação com os menos favorecidos, os funcionários que apresentam um laço instrumental mais forte,

provavelmente não sentem qualquer propensão a darem à organização mais do que aquilo a que estão obrigadas (REGO, CUNHA E SOUTO, 2007). Infere-se que não é o caso dos servidores efetivos e comissionados da ALEPE.

Valores – Acerca da dimensão da espiritualidade dos servidores da ALEPE, de acordo com Rego, Cunha e Souto (2007), a congruência entre os valores pessoais e organizacionais está diretamente relacionada à forte ligação de simpatia e o orgulho que os servidores parecem ter pelo fato de trabalharem nessa instituição, além de sugerir um importante sentimento de pertença. Nesta dimensão existe importante compatibilidade entre os valores pessoais e organizacionais (REGO, CUNHA e SOUTO, 2005). Por outro lado, Ashmos e Duchon (2000) ressaltam a importância de uma organização fortalecer a preocupação com a coletividade. Esses valores passam, então, a ser vivenciados pelos funcionários. Quando os indivíduos se identificam com os valores da organização, torna-se mais fácil haver a internalização desses valores, propiciando a que os mesmos ajam instintivamente, sem precisar processar as informações (DEHLER, 1994).

Serviço - A partir dos dados estatísticos, este item apresenta uma correlação positiva e estatisticamente significativa. Segundo Rego, Cunha e Souto (2005), a ideia de mudança ou troca compartilhada por todos, conforme sugere a raiz da palavra “comunidade”, é muito aproximada do sentido de comunidade nas organizações nos dias atuais. O ser humano busca, em primeiro lugar, significado e valor, o que lhe traz a sensação de que está fazendo algo que vale à pena e que tem um propósito de serviço ao outro (ZOHAR e MARSHALL, 2006). Esta dimensão engloba a relação do trabalho com o que os servidores efetivos e comissionados consideram

importante na vida, ou mesmo que exista ligação entre seu trabalho e a utilidade para a sociedade.

Alegria - A dimensão “alegria” apresentou o mais alto índice de percepção para os servidores efetivos e comissionados da ALEPE. Se o sentido de alegria foi o mais alto índice de espiritualidade verificado nos servidores efetivos e comissionados da ALEPE, e, tendo em vista que se trata de uma instituição que deve visar os benefícios da coletividade de um modo geral, pode ser compreensível como a alegria de participar deste tipo de instituição influencia o laço normativo, que também apresentou índice bastante significativo na percepção dos funcionários. Para Rego, Cunha e Souto (2005), os seres humanos definem a sua identidade a partir da interação com os grupos dos quais estão fazendo parte, bem como necessitam vivenciar o sentido de pertencer ao grupo, além de procurar alegria nas atividades do cotidiano. Se a organização laboral colabora para que o funcionário obtenha satisfação com o trabalho desempenhado, é provável que isso o deixe mais feliz de uma maneira geral.

Segundo Lama (2004), isso é uma via de mão dupla, e aqueles que são mais felizes na vida tendem, de uma forma integral, a ser mais felizes no trabalho e com ele se comprometerem numa ligação emocional. Neste item, para que a felicidade ou completude ocorra, deve-se somar os resultados das ações empreendidas, das atividades realizadas e o efeito que irá causar no próprio homem, na sua família e na sociedade (LAMA, 2000), compreende-se o efeito que esta dimensão pode ter sobre o senso de dever com o bem do outro, o bem comum.

Oportunidade - Para os dois grupos de servidores da ALEPE focados neste estudo, esta dimensão da espiritualidade foi a que apresentou a menor média. As assertivas desta dimensão são expressas na forma de

negação, logo, se a média foi baixa, é porque na escala *Likert* foram marcados, pela maioria, os itens de discordância parcial ou total. Infere-se, portanto, que, para os servidores, a instituição não influencia a sua vivência interior ou espiritual. Esta dimensão abrange a consciência interior, a qual é ressaltada por Guillory (2000), quando ele argumenta que a espiritualidade faz parte do domínio da consciência interior e que se manifesta como uma sensação de harmonia, interconexão e unidade. As pessoas estão vivenciando uma perda de significado e finalidade de suas vidas, criando um vazio espiritual. Se tiver oportunidade de vida interior na organização, isto não implica em que tenha um senso de dever com a mesma. Para os servidores, este não foi o laço preponderante. Não se percebe como a oportunidade de vida interior pode interferir no interesse em se manter na empresa por não ter outra opção de trabalho. Burack (1999) afirma que a gestão espiritualizada promove o equilíbrio de importantes fatores – físicos, intelectuais, emocionais e espirituais, que, na gestão de pessoas contemporânea merece mais atenção dos gestores.

5 CONCLUSÕES

O tema espiritualidade vem despertando o interesse de pesquisadores e de gestores de pessoas em todo o mundo. No Brasil, este movimento vem ganhando força, especialmente, no âmbito acadêmico. Em se tratando do âmbito das práticas e comportamentos relacionados à gestão de pessoas no serviço público, especialmente no que diz respeito à espiritualidade nas organizações, parece haver escassez de investigação empírica. Foi possível confirmar que existe relação entre os dois construtos, independente dos vínculos funcionais dos servidores participantes. É importante ressaltar que o presente estudo

não tem a pretensão de generalizar os resultados encontrados. Não ter sido encontrada uma diferença muito acentuada nos escores resultantes de servidores com vínculo efetivo e comissionado, não significa que não haja diferença em relação à avaliação que esses servidores fazem com relação aos fatores de espiritualidade que vivenciam na ALEPE. Nesse contexto, houve diferença maior para os comissionados; eles apresentaram médias maiores nas quatro primeiras dimensões de espiritualidade: sentido de comunidade na equipe, alinhamento do indivíduo com os valores da organização, sentido de préstimo à comunidade e alegria no trabalho.

A “alegria no trabalho” foi a dimensão mais percebida, sugerindo que os servidores efetivos e comissionados da ALEPE sentem alegria no trabalho que realizam e que vão com prazer para o trabalho cotidianamente. Com um nível considerável de percepção da espiritualidade no trabalho, é plausível que sejam propiciadas experiências transcendentais através dos processos laborais, mesmo sendo um ambiente político, parecendo haver relação entre o trabalho ali desenvolvido e o bem estar da sociedade em geral. A dimensão “sentido de serviço à comunidade” foi a segunda com maior percepção, apontando para a realização de um trabalho que os servidores consideram importante, levando benefícios sendo útil à comunidade. Os comissionados apresentaram um nível, ligeiramente, acima dos efetivos; o que também ocorreu com “sentido de comunidade na equipe”, onde aponta que os servidores se sentem fazendo parte de uma família e fomentam um espírito de comunidade na própria equipe de trabalho. Inferimos que eles estão ligados entre si por um propósito comum, com um sentido de comunidade na instituição. No caso dos comissionados, pode haver um maior sentido de ajuda

mútua, um vínculo de confiança entre todos, devido ao fato de a maioria trabalhar nos gabinetes parlamentares, em cargo de confiança, de livre nomeação e exoneração.

Na dimensão “alinhamento do indivíduo com os valores da organização”, esta foi a quarta maior média, onde sugere que os servidores se sentem bem e em consonância com os valores que predominam na ALEPE, sentindo-se ligados aos seus objetivos, além de se sentirem relativamente bem acerca do seu futuro na instituição. Compreende-se que esta dimensão não tenha tido um escore mais alto, entre os comissionados, pois eles não possuem estabilidade funcional, como os efetivos. É possível que o tipo de gestão que vem sendo praticada na ALEPE nos últimos anos, com uma forte atuação do sindicato da categoria, juntamente com ações positivas da Mesa Diretora, através de políticas de recursos humanos, venham propiciando uma maior dedicação, satisfação, comprometimento e menor intenção de saída do servidor.

O servidor efetivo desfruta de estabilidade, reconhecimento e boa remuneração, o que pode sugerir um reconhecimento de dever e obrigação moral para com a organização. Já no servidor comissionado, este vínculo normativo também foi expressivo e pode sugerir uma identificação com os valores da organização, sentimento de satisfação e apoio no trabalho. Pode-se conjecturar o fato de ser beneficiado, de certa forma, por algumas políticas de reconhecimento, valorização, oportunidade de capacitação, bem como uma remuneração, geralmente, acima dos padrões das empresas privadas. Some-se a isso, o sentimento de dever moral para com o gestor ou político que tenha dado a oportunidade de uma colocação profissional, através da nomeação em cargo de confiança.

Já nos servidores efetivos, estes também demonstraram que permanecem na ALEPE, pois parece

não fazer diferença se têm condições ou competência para trabalhar em outros locais; como já foi dito – eles têm estabilidade, plano de cargo e carreira, benefícios consideráveis, com uma carga horária compatível. Muitos ainda estão trabalhando, mesmo tendo tempo completo para aposentadoria, porque perderiam alguns auxílios, como alimentação e saúde, os quais não podem ser incorporados ao salário. Logo, vão permanecer no serviço público até a aposentadoria compulsória, ou seja, até completarem 70 anos. Esta dimensão de espiritualidade corresponde a valores importantes na vida do funcionário, de desempenhar um trabalho com significado, não implicando em permanecer por dever ou gratidão.

Os resultados podem sugerir que os servidores percebem a ALEPE como um local onde eles têm prazer e alegria de trabalhar, sendo determinantes para que eles desenvolvam e mantenham um forte laço afetivo com a organização. Logo, os fatores que melhor traduzem esta vivência da espiritualidade no ambiente de trabalho estão relacionados à alegria e prazer que estes servidores sentem por fazer parte da organização e pelo trabalho que realizam, o qual faz sentido na sua vida, ao tempo em que presta, também, um serviço para a sociedade. Percebe-se que os servidores efetivos e comissionados da ALEPE percebem a espiritualidade no ambiente de trabalho como algo que pode gerar benefícios para todos. Conhecendo os fatores que podem interferir na percepção dos funcionários sobre um trabalho ou organização espiritualizados, podem-se desenvolver políticas na área de gestão de pessoas que ponham em prática ações que humanizem mais o ambiente de trabalho e os relacionamentos interpessoais, gerando uma considerável melhoria no clima organizacional. Como consequência, haverá um melhor lugar para se trabalhar, com mais harmonia,

satisfação, maior cooperação e solidariedade, além da adoção ou elevação de valores éticos, morais e espirituais. Portanto, respondendo a pergunta de pesquisa, a amostra indica que um alto nível de Espiritualidade influencia no comportamento dos funcionários.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, R. *Os sentidos do trabalho: ensaio sobre a afirmação e a negação do trabalho*. 3. ed. São Paulo: São Paulo, 2000.
- BIBERMAN, J. Life and Work as a Calling. *Interbeing, Burbank*, v.1, n.1, p.21-24. 2007.
- BOFF, L. *Espiritualidade: um caminho de transformação*. 3. ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2001.
- CAPRA, F. *O Ponto de Mutação*. São Paulo: Editora Cultrix, 2003.
- BURACK, E. H. (1999). Spirituality in the workplace. *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 12, nº 4, p. 280-291.
- CHANLAT, J.F. *O indivíduo na organização: dimensões esquecidas*. 3. ed. 15ª reimpressão. São Paulo: Atlas, 2012.
- DEHLER, G. E. & WELSH, M.A. Spirituality and Organizational Transformation: implications for the new management paradigm. *Journal of Managerial Psychology*. 9(6), p.17-26, 1994.
- FRANKL, Viktor. E. *Em Busca de Sentido*. Petrópolis: Vozes, 2008.
- GIACALONE, R. A.; JURKIEWICZ, C. L. Toward a science of workplace spirituality. In: GIACALONE, Robert A.; JURKIEWICZ, Carole L. (ed.). *Handbook of Workplace Spirituality and Organizational Performance*. New York: M E Sharpe Inc, 2003. Cap.1, p.3-22.
- GUILLORY, W. A. *A Empresa Viva: Espiritualidade no Local de Trabalho*. São Paulo: Cultrix, 2000.
- KERBER, Roberto. *Espiritualidade nas Empresas*. Porto Alegre/RS: AGE Editora, 2009.
- KIVITZ, Ed René. *Espiritualidade no Mundo Corporativo: aproximações entre prática religiosa e vida profissional*. Dissertação (Mestrado em Ciências da Religião) - Universidade Metodista de São Paulo, Faculdade de Filosofia e Ciências da Religião, São Bernardo do Campo, 2007.
- LAMA, D. *Uma Ética para um Novo Milênio*. 7. ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2000.
- MATOS, F. G. *Empresa com Alma: espiritualidade nas organizações*. São Paulo: Makron Books, 2001.
- MILLIMAN, J.; CZAPLEWSKI, A. J. & FERGUSON, J. Workplace spirituality and employee work attitudes. An exploratory empirical

- assessment. *Journal of Organizational Change Management*; 16(4), p.426-447, 2003.
- MITROFF, I. I. *Do not promote religion under the guise of spirituality Organization*, v. 10 (2), p. 375-382, [s.l.]: Sage Publications, may 2003.
- _____. & DENTON, Elizabeth A. A Study of Spirituality in the Workplace. *Sloan Management Review*. 40(4), p. 83-92, 1999.
- _____. A three-component conceptualization of organizational commitment. *Human Resource Management Review*, v. 1, n. 1, p. 61-89, Spring, 1991.
- PFEFFER, J. Business and the spirit: management practices that sustain values. In: GIACALONE, R. A.; JURKIEWICZ, C. L. (Ed.). *Handbook of workplace spirituality and organizational performance*. New York: M. E. Sharpe, 2003. p. 29-45.
- REGO, A.; SOUTO, S. Comprometimento organizacional: um estudo luso-brasileiro sobre a importância da justiça. *Anais do XXVI Encontro da ANPAD (Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração)*, Salvador, Brasil, 22-25 Setembro. (CD-ROM), 2002.
- _____. Comprometimento organizacional em organizações autênticas. *Revista de Administração de Empresas*, v. 44, n. 3, p. 30-43, 2004.
- _____. CUNHA, M. P. e SOUTO, S. Espiritualidade nas organizações e empenhamento organizacional: um estudo empírico. s.l.: *Área Científica de Gestão*, n.6. 2005.
- REGO, A.; CUNHA, M. P. e SOUTO, S. Espiritualidade nas organizações e comprometimento organizacional. *RAE-eletrônica*, v. 6, n. 2, Art. 12, j ul./dez. 2007.
- SIQUEIRA, M. V. S. e MENDES A. M. Gestão de pessoas no setor público e a reprodução do discurso do setor privado. *Revista do Serviço Público Brasília*. 60 (3) pp: 241–250, jul/set, 2008.
- VASCONCELOS, A. F. *Espiritualidade no ambiente de trabalho: dimensões, reflexões e desafios*. São Paulo: Atlas, 2008.
- VERGARA, Sylvia. C. e MOURA, Leandro S. Práticas de Espiritualidade na Gestão de Pessoas. *Revista Uniritter*, v. 7, nº 7 (2010) disponível em <<http://seer.uniritter.edu.br/index.php/negocios/article/view/482>>. Acesso em: 10/04/2014.
- WILBER, K. *Psicologia Integral: Consciência, Espírito, Psicologia, Terapia*. São Paulo: Cultrix, 2002.
- _____. *Uma teoria de tudo: uma visão integral para os negócios, a política, a ciência e a espiritualidade*. São Paulo: Cultrix, 2003.
- ZANELLI, J. C.; BORGES-ANDRADE, J. E & BASTOS, A.V.B. *Psicologia, organizações e trabalho no Brasil*. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- ZOHAR, D.; MARSHALL, I. *Inteligência espiritual: o “Q” que faz a diferença*. Rio de Janeiro: Record, 2002.
- _____; _____. *Capital espiritual: usando as inteligências racional, emocional e espiritual para realizar transformações pessoais e profissionais*. Rio de Janeiro: Best Seller, 2006.

O desafio era montar um livro adequado às exigências de estudo e pesquisa do século XXI, sem perder de vista a essência metodológica que as experiências e competências dos autores poderiam ter construído. A presente obra é relevante para estudantes de graduação, pós-graduação e pesquisadores que desejam conhecer as produções acadêmicas da UFRPE - UACSA.

Ainda, propor o exercício da escrita é uma indefinível ação para transfigurar conhecimentos empíricos em saberes científicos para, enfim, enxergar a vida, expandindo e deslocando fluxos de pensamento, em produções coletivas e interdisciplinares, buscando as respostas das perguntas pré-existentes e das que virão, após a leitura, criando e recriando significados, interligações de conhecimentos, sem deixar de sugerir recomeços.

*Profa. Dra. Suzana Ferreira
Paulino Domingos
Universidade Federal Rural
de Pernambuco (UFRPE)*

Este livro procura atender aos anseios dos leitores acerca de projetos desenvolvidos na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (USCSA), refletindo sobre a importância intelectual e socioeconômica de divulgar à comunidade científica, e à sociedade em geral, o que a referida Instituição de Ensino Superior tem produzido, contribuindo para com a melhoria da qualidade de vida da sociedade e à qualidade e produtividade dos pesquisadores envolvidos. Assim, o objetivo desta obra é compartilhar a diversidade dos trabalhos desenvolvidos pela comunidade da, recém-criada e profícua, UACSA. A obra está dividida em dois volumes nos quais constam parte das práticas nos âmbitos do ensino, da pesquisa e da extensão, desenvolvidas por docentes, técnicos e alunos dessa instituição. O primeiro volume contempla a área da Engenharia Civil, bem como estudos sobre iniciativas de responsabilidade socioambientais e práticas inovadoras no âmbito do ensino das Engenharias. Estão presentes estudos sobre rochas, solos e gestão de resíduos de diferentes tipos, além de estudos da área de Humanas. No segundo volume, foram reunidos trabalhos nas áreas das Engenharias de Materiais, Elétrica, Eletrônica e Mecânica, além de contribuições em Química e Linguagens.

Esperamos que a leitura destes materiais torne acessível iniciativas presentes na UACSA com potencial para futuras parcerias e contribuições a quem possa interessar.

Profa. Dra. Suzana Ferreira Paulino Domingos (UFRPE)

Profa. Tereza Raquel Melo (UFRPE)

