



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

MARIA EDUARDA ALVES SILVA

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO PRODUZIDO COM
RESÍDUOS DE CONCHA DA ATIVIDADE DA MARISCAGEM.

RECIFE

2026

MARIA EDUARDA ALVES SILVA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO PRODUZIDO COM
RESÍDUOS DE CONCHA DA ATIVIDADE DA MARISCAGEM.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE),
como requisito para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda

RECIFE

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

- S586a Silva, Maria Eduarda Alves.
Avaliação da resistência mecânica do concreto produzido com resíduos de concha da atividade da mariscagem / Maria Eduarda Alves Silva. – Recife, 2026.
57 f.; il.
- Orientador(a): Romildo Morant de Holanda.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Ambiental, Recife, BR-PE, 2026.
- Inclui referências.
1. Concha de marisco. 2. Blocos intertravados. 3. Concreto. 4. Impacto ambiental I. Holanda, Romildo Morant de, orient. II. Título

CDD 628

MARIA EDUARDA ALVES SILVA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO PRODUZIDO
COM RESÍDUOS DE CONCHA DA ATIVIDADE DA MARISCAGEM.**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovado em: 03/02/2026

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Fernanda Wanderley Corrêa de Araújo
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Doutorando Sérgio Carvalho de Paiva
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Doutoranda Fernanda Vieira Amorim
Universidade Federal Rural de Pernambuco

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria Tereza Alves dos Santos e Marcelo Severino da Silva, que sempre me apoiaram ao longo de toda a minha caminhada. Sou imensamente grata pela criação baseada no amor, pelos valores e ensinamentos construídos ao longo da vida e pelo apoio constante, especialmente no incentivo aos estudos. Cada conquista desta trajetória carrega um pouco do cuidado, da força e da confiança que vocês sempre depositaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus pais, Maria Tereza Alves dos Santos e Marcelo Severino da Silva, pelo apoio constante e pelo incentivo aos estudos ao longo de toda a minha formação.

Agradeço a toda a minha família pelo apoio e pela confiança. Em especial, dedico este agradecimento às minhas tias, Lenira Alves e Luciene Alves, que sempre acreditaram em mim e que, embora não estejam presentes para testemunhar esta conquista, permanecem comigo por meio da força, do amor e dos ensinamentos que deixaram.

Agradeço ao meu companheiro de vida, Gabriel Victor, pelo cuidado e incentivo constante durante toda a minha graduação.

Aos amigos da faculdade, deixo meu agradecimento pela convivência, pelas trocas de conhecimento e pelo apoio ao longo dessa trajetória acadêmica.

Manifesto minha gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda, pelos ensinamentos, paciência e confiança durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a todos os docentes do curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelos conhecimentos compartilhados ao longo da graduação.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, agradeço pelo acolhimento, pela estrutura e pela segurança oferecida durante estes cinco anos de formação.

Ao Laboratório do Centro de Construções e Tecnologias Ambientais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, agradeço pela recepção, pelos ensinamentos e pela valiosa troca de experiências.

RESUMO

A indústria da construção civil é considerada uma das mais poluidoras devido aos inúmeros impactos negativos que impõe no ambiente. Assim, há uma crescente consciência ambiental acerca de adotar práticas mais sustentáveis nesta indústria, visando a minimização dos danos ambientais. O projeto visa explorar a viabilidade ambiental da utilização de resíduos provenientes da atividade de mariscagem, especificamente conchas de marisco, na fabricação de concreto, com o intuito de diminuir o impacto ambiental no litoral de Pernambuco. A metodologia envolve a coleta de conchas de marisco da espécie *Anomalocardia flexuosa* na praia do município de Igarassu-PE, seguida pela caracterização física das conchas trituradas e dos materiais utilizados como cimento Portland, areia lavada de rio e brita. A pesquisa também se concentra em ensaios detalhados sobre as propriedades do concreto, como resistência à compressão simples, absorção de água, inspeção visual e avaliação dimensional. Os resultados mostraram que a substituição de 50% do agregado miúdo pela concha apresentou uma melhor alternativa em termos de desempenho e sustentabilidade, destacando-se como uma solução eficaz e como meio de destinação para os resíduos da atividade da mariscagem.

Palavras-chave: Concha de marisco, blocos intertravados, concreto, impacto ambiental.

ABSTRACT

The construction industry is considered one of the most polluting due to the numerous negative impacts it imposes on the environment. Thus, there is a growing environmental awareness about adopting more sustainable practices in this industry to minimize environmental damage. The project aims to explore the environmental feasibility of using waste from shellfish harvesting activities, specifically shellfish shells, in concrete production to reduce environmental impact along the coast of Pernambuco. The methodology involves collecting shells from the species *Anomalocardia flexuosa* on the beach in the municipality of Igarassu-PE, followed by the physical characterization of crushed shells and materials such as Portland cement, washed river sand, and gravel. The research also focuses on detailed tests on concrete properties, such as compressive strength and water absorption. The results showed that replacing 50% of the fine aggregate with shell presented a better alternative in terms of performance and sustainability, standing out as an effective solution and a disposal method for waste from shellfish harvesting activities.

Keywords: Shellfish shell, interlocking blocks, concrete, environmental impact.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Acúmulo das conchas de marisco na praia do Capitão.	15
Figura 2: Conchas de marisco na Igreja do parque da Jaqueira, Recife/PE.	16
Figura 3: Localização do Município de Igarassu.....	17
Figura 4: Coleta da concha de marisco na praia do Capitão	19
Figura 5: Moinho de facas	19
Figura 6: Peneiramento da concha de marisco triturada	20
Figura 7: (a) Medição da amostra e (b) agitação	21
Figura 8: (a) Saturação da concha triturada e (b) compactação da amostra no molde tronco-cônico	22
Figura 9: (a) Massa do conjunto frasco-concha, (b) frasco em banho e (c) massa do conjunto frasco-concha-água.....	22
Figura 10: (a) Pesagem da água para determinar o volume do recipiente e (b) recipiente com a concha moída.....	25
Figura 11: (a) Frasco em banho com a querosene e (b) Frasco em banho com o aglomerante	26
Figura 12: (a) Medição da amostra e (b) agitação	27
Figura 13: Saturação da areia	27
Figura 14: (a) Massa do conjunto frasco-areia, (b) frasco em banho e (c) massa do conjunto frasco-areia-água.	28
Figura 15: Recipiente com agregado miúdo após o rasamento e pesagem	28
Figura 16: Peneiramento do agregado graúdo.....	29
Figura 17: Pesagem hidrostática.....	30
Figura 18: Recipiente com o agregado graúdo após a compactação e pesagem	32
Figura 19: Curva de Abrams	33
Figura 20: Materiais utilizados no traço padrão	36
Figura 21: Mistura do concreto	36

Figura 22: Prensa hidráulica	38
Figura 23: Concha de marisco após a trituração.....	41
Figura 24: Resíduo após a separação granulométrica.....	41
Figura 25: Amostra de massas retidas de concha de marisco nas respectivas malhas e fundo	42
Figura 26: Curva granulométrica – Concha de marisco.....	42
Figura 27: Amostra de massas retidas de areia nas respectivas malhas e fundo	44
Figura 28: Curva granulométrica – Agregado miúdo.....	44
Figura 29: Amostra de massas retidas do agregado graúdo nas respectivas malhas e fundo....	45
Figura 30: Curva granulométrica – Agregado graúdo.....	46
Figura 31: (a) Slump test do traço padrão, (b) 50% de substituição e (c) 100% de substituição	48
Figura 32: Pavers (a) nos moldes, (b) desmoldados, (c) na cura.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Desvio padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto	32
Tabela 2: Classes de consistência.....	34
Tabela 3: Volume de brita (m^3)	35
Tabela 4: Coeficiente de Student.....	39
Tabela 5: Fator multiplicativo p.	40
Tabela 6: Resistência característica à compressão.	40
Tabela 7: Consumo aproximado de água (L/m^3).....	47
Tabela 8: Traço unitário em massa.....	48
Tabela 9: Média da Avaliação Dimensional.....	49
Tabela 10: Resistência à compressão.	50
Tabela 11: Absorção de água.....	51

SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CCETA	Centro de Construções e Tecnologias Ambientais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
NM	Norma Mercosul
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PET	Polietileno Tereftalato
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 Atividade de mariscagem	14
3.1.1 Impactos causados pelos resíduos da mariscagem no ambiente.....	14
3.2 Impactos causados pela extração da areia	16
3.3 Resíduos de conchas de marisco na construção civil	16
4. METODOLOGIA	17
4.1 Área de estudo	17
4.2 Materiais	18
4.2.1 Resíduo	18
4.2.2 Aglomerante	18
4.2.3 Agregado miúdo.....	18
4.2.4 Agregado graúdo	18
4.3 Métodos	18
4.3.1 Resíduo	18
4.3.1.1 Trituração.....	20
4.3.1.2 Composição granulométrica e módulo de finura.....	28
4.3.1.3 Massa específica	21
4.3.1.4 Massa unitária.....	23
4.3.2 Aglomerante	25
4.3.2.1 Massa específica	25
4.3.3 Agregado miúdo	26
4.3.3.1 Composição granulométrica e módulo de finura.....	26
4.3.3.2 Massa específica	27
4.3.3.3 Massa unitária.....	28
4.3.4 Agregado graúdo	29
4.3.4.1 Composição granulométrica e módulo de finura.....	29

4.3.4.2 Massa específica	29
4.3.4.3 Massa unitária.....	31
4.4 Dosagem do concreto	32
4.4.1 Determinação da resistência mínima	32
4.4.2 Relação água/cimento, consumo de água e abatimento	33
4.4.3 Determinação do consumo de materiais	34
4.4.3.1 Consumo de cimento	34
4.4.3.2 Consumo de brita.....	34
4.4.3.3 Consumo de areia	35
4.5 Mistura do concreto	36
4.5.1 Abatimento de tronco de cone	37
4.5.2 Moldagem e cura dos corpos de prova	37
4.5.3 Número de Pavers.....	37
4.5.3.1 Inspeção visual	38
4.5.3.2 Ensaios de resistência à compressão	38
4.5.3.3 Ensaios de Absorção de água	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
5.1 Resíduo.....	41
5.1.1 Trituração.....	41
5.1.2 Separação granulométrica.....	41
5.1.3 Composição granulométrica e módulo de finura.....	42
5.1.4 Massa específica	43
5.1.5 Massa unitária.....	43
5.2 Aglomerante	43
5.2.1 Massa específica	43
5.3 Agregado miúdo	43
5.3.1 Composição granulométrica e módulo de finura.....	43
5.3.2 Massa específica.	44
5.3.3 Massa unitária.....	45
5.4 Agregado graúdo	45
5.4.1 Composição granulométrica e módulo de finura.....	45
5.4.2 Massa específica	46
5.4.3 Massa unitária.....	46
5.5 Dosagem do concreto	46

5.5.1 Determinação do consumo de água	46
5.5.2 Determinação do consumo de cimento.....	47
5.5.3 Determinação do consumo de agregados miúdo e graúdo	47
5.6 Determinação do traço	47
5.6.1 Abatimento do concreto e moldagem dos corpos de prova.....	48
5.6.2 Inspeção visual	49
5.6.3 Avaliação dimensional	49
5.6.4 Resistência à compressão	50
5.6.5 Absorção de água.....	51
6. CONCLUSÕES	52
7. REFERÊNCIAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha um papel crucial no progresso econômico e social do Brasil, entretanto, ainda é percebida como uma significativa fonte de impactos ambientais, seja pelo uso de recursos naturais, alteração da paisagem ou produção de resíduos na construção civil (LEITE et al., 2018).

Com o avanço dos diferentes setores industriais e o crescimento tecnológico na sociedade, procura-se reduzir os impactos ambientais ao implementar medidas que incentivem ações mitigadoras, com ênfase em gestão ambiental e fatores socioeconômicos (CUNHA, 2020). Sendo assim, as indústrias buscam a incorporação de práticas sustentáveis e alternativas ecologicamente viáveis ao produto original, minimizando os impactos ambientais causados e conquistando reconhecimento no mercado global (ANDRADE, 2019).

O cenário de reutilização de resíduos industriais em materiais de construção aborda várias maneiras de incorporação, como no estudo de Andrade (2019), no qual se acrescentou fibra sintética curta de polipropileno para obter o concreto leve; Trentin et al. (2020) estudou a viabilidade de utilizar garrafas de vidro moídas em substituição parcial à areia na produção de argamassa. Além disso, no estudo de Ferrari e Manca (2020) foi utilizado resíduos plásticos como PEAD (Polietileno de Alta Densidade) e PET (Polietileno Tereftalato) na composição dos blocos de concreto tipo paver. Dessa forma, estes estudos abordam formas de aproveitar os resíduos que são produzidos em grandes quantidades e que não possuem destinação adequada.

Além disso, entre os diversos subprodutos industriais existentes, um dos que apresenta uma quantidade considerável de produção e potencial contaminação ambiental é a concha de marisco (CALDAS, 2018). Assim, alguns estudos abordam formas de reaproveitar as conchas de mariscos na construção civil, contribuindo com a minimização dos impactos ambientais que estes rejeitos da mariscagem podem causar no ambiente. No estudo de Caldas (2018) foi analisada a viabilidade de utilizar as conchas de mariscos *Anomalocardia flexuosa* para fabricar blocos vazados de concreto simples.

Diante disso, a reutilização da concha de marisco é examinada sob uma ótica sustentável, levando em conta as exigências ambientais e econômicas. Nesse contexto, este estudo sugere a substituição do agregado miúdo por este resíduo, especialmente na produção de concretos para fabricação de pavers, com o intuito de avaliar a resistência mecânica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Fabricação de concreto utilizando resíduos da atividade da mariscagem (concha de marisco bivalve) para conferir diminuição do impacto ambiental no litoral do Estado de Pernambuco.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar fisicamente as conchas de marisco trituradas, proveniente do litoral da zona da mata norte do estado de Pernambuco;
- Caracterizar os materiais utilizados na pesquisa: aglomerante e agregados;
- Verificar e comparar as propriedades mecânicas (resistência à compressão e tração na flexão) com 50% e 100% de substituição do agregado miúdo por resíduo de concha de marisco no concreto.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Atividade de mariscagem

A atividade de mariscagem é entendida como uma atividade econômica tradicional realizada por comunidades litorâneas em diversas partes do mundo. Ademais, a mariscagem está intrínseca à pesca artesanal, sendo caracterizada pela extração de mariscos, búzios e outros crustáceos (LIMA, 2019). Além disso, a pesca de mariscos é uma atividade de relevância, principalmente para as comunidades ribeirinhas, visto que esta atividade contribui com a economia e a produção de alimentos dessas localidades (SILVA, 2023).

Ademais, no litoral do município de Igarassu, na praia de Mangue Seco, a mariscagem é uma atividade bastante comum entre as famílias locais, visto que muitas famílias dependem dessa atividade como principal fonte de renda. No entanto, a mariscagem apresenta algumas problemáticas, visto que após o abatimento do marisco os rejeitos desta atividade são descartados de maneira inadequada às margens da praia de Mangue Seco (SILVA, 2023).

3.1.1 Impactos causados pelos resíduos da mariscagem no ambiente

Os Resíduos Sólidos da Mariscagem abrangem todos os resíduos, cujo material seja de natureza carbonácea, provenientes da queima, debulhagem ou batimento, e outras formas de

beneficiamento na prática da mariscagem (OLIVEIRA, 2016).

Ademais, esses resíduos provenientes da mariscagem são considerados Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), visto que abrange todos os resíduos despejados por causas naturais ou pela intervenção humana em espaços públicos, sendo portanto objeto dos serviços regulares de higienização urbana (OLIVEIRA, 2016).

Além disso, o principal impacto causado por esta atividade é o descarte de forma inadequada, visto que o acúmulo destas conchas em locais inapropriados pode causar o sufocamento do mangue e também o assoreamento das margens da gamboa, impedindo, assim, o desenvolvimento das plantas (PEREIRA;SARAIVA, 2019).

Ainda, a disposição das conchas no mangue provoca desequilíbrios nas comunidades de fitoplâncton e diminuição de espécies vegetais, além de deteriorar a qualidade da água (CUNHA, 2020).

Na visita à praia de Mangue Seco, localizada no município de Igarassu, foram visualizados alguns pontos de descarte das conchas de mariscos, formando volumes consideráveis deste rejeito (sambaquis), que pode causar impactos na região (Figura 1).

Figura 1. Acúmulo das conchas de marisco na praia do Capitão.



(Fonte: Autora, 2024).

Assim, as conchas de mariscos podem causar diversos impactos ambientais e interferir na saúde humana e bem-estar. Dessa forma, é essencial a busca por alternativas sustentáveis na gestão desses resíduos.

3.2 Impactos causados pela extração da areia

Além dos inúmeros impactos que o acúmulo de conchas de mariscos pode trazer para o ambiente, a extração da areia também representa um desafio significativo atualmente.

Ademais, Almeida et al. (2022) realizaram um estudo no Município de Horizonte, localizado no Estado do Ceará, com o intuito de identificar os impactos ambientais causados pela extração da areia. Neste estudo foi utilizado o método de avaliação de impacto ambiental Matriz de Leopold e foram identificadas 20 extrações de areia, sendo 8 ativas e 12 inativas.

Sendo assim, a partir dos resultados da matriz tem-se diversos impactos negativos causados pela extração da areia, como impactos na qualidade do ar, modificação da paisagem, diminuição da infiltração da água no solo, poluição sonora, destruição do habitat natural dos animais e o desaparecimento de plantas, afugentamento da fauna, diminuição da fertilidade do solo, alteração da topografia do local e depreciação das vias de acesso.

3.3 Resíduos de conchas de marisco na construção civil

A viabilidade de utilizar as conchas de marisco na construção civil se deve a sua composição química, visto que as conchas apresentam carbonato de cálcio (CaCO_3) (SILVA et al., 2020).

A utilização das conchas de marisco na construção civil é uma prática antiga, um exemplo é a igreja de Nossa Senhora da Conceição das Barreiras, localizada no parque da Jaqueira, na cidade do Recife e que foi construída em 1766 com o resíduo da concha de marisco (SILVA et al., 2020).

Figura 2. Conchas de marisco na Igreja do parque da Jaqueira, Recife/PE.



(Fonte: Mota, 2020).

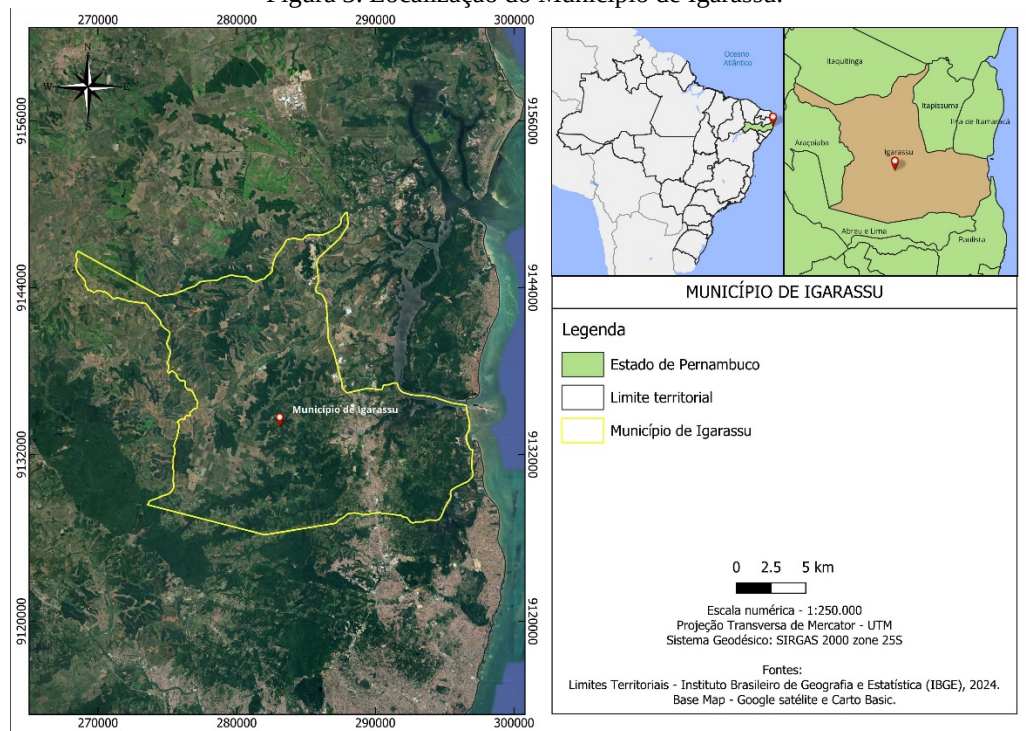
Ademais, Cunha (2020) analisou a viabilidade da substituição da areia e do cimento pela concha de marisco triturada e calcinada da espécie *Anomalocardia Flexuosa*, com a finalidade de realizar traços de concreto para a fabricação de blocos de cimento para alvenaria não estrutural e intertravados "paver" para pavimentação. Ainda, neste estudo foi analisado que a produção dos blocos, utilizando conchas, é uma forma de destinação adequada destes resíduos da mariscagem, e esta aplicação pode amenizar os impactos ambientais e melhorar a qualidade de vida no município de Igarassu.

4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida na região da praia do Capitão (Mangue Seco), no município de Igarassu, localizado na região metropolitana do Recife, Estado de Pernambuco. O município de Igarassu possui uma área territorial de 306,879km², população residente de 115.196 pessoas e uma densidade demográfica de 375,38 hab/km² (IBGE, 2022). Além disso, o município apresenta 19 m de altitude e apresenta as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 7° 50' 4" Sul, Longitude: 34° 54' 23" Oeste (CIDADE BRASIL, 2021).

Figura 3. Localização do Município de Igarassu.



(Fonte: Autora, 2025).

4.2 Materiais

4.2.1 Resíduo

As amostras de conchas de marisco da espécie *Anomalocardia flexuosa* foram provenientes da praia do município de Igarassu-PE, localizado na Região de Desenvolvimento Metropolitano do Recife. A praia foi a de Mangue Seco, conhecida como praia do Ramalho, ou praia do Capitão, que possui extensa faixa de areia e de extrema importância para o desenvolvimento da atividade da mariscagem. As conchas coletadas foram levadas para o Laboratório do Centro de Construções e Tecnologias Ambientais – CCETA/UFRPE, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – Campus Dois Irmãos.

4.2.2 Aglomerante

O aglomerante utilizado foi o cimento Portland do tipo CPII-F, de classe 32, o qual foi armazenado em local limpo e seco no Laboratório do Centro de Construções e Tecnologias Ambientais – CCETA/UFRPE, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – Campus Dois Irmãos.

4.2.3 Agregado miúdo

Para a realização da pesquisa o agregado miúdo utilizado foi a areia lavada de rio.

4.2.4 Agregado graúdo

O agregado graúdo utilizado foi a brita 19 que provém do processo de beneficiamento do material extraído através do processo de britamento de rochas.

4.3 Métodos

4.3.1 Resíduo

4.3.1.1 Trituração

Primeiramente, as conchas de marisco foram coletadas na praia do Capitão. Após a coleta, as conchas de marisco foram lavadas, secas em estufa e, em seguida, transferidas para um moinho de facas que está localizado no Departamento de Zootecnia da UFRPE da UFRPE, com a finalidade de realizar a trituração do resíduo. A trituração das conchas de marisco tem como objetivo transformar a concha em grãos. Após a trituração da concha de marisco, o resíduo denominado concheia, foi armazenado em sacos identificados e foram levados para o Laboratório do Centro de Construções e Tecnologias Ambientais – CCETA/UFRPE, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – Campus Dois Irmãos.

Figura 4: Coleta da concha de marisco na praia do Capitão.



(Fonte: Autora, 2024).

Figura 5: Moinho de facas.



(Fonte: Autora, 2024).

Além disso, para a utilização da concha de marisco triturada para a produção do concreto foi realizada a sua separação granulométrica, partindo do peneiramento com a abertura de 2,36 mm, com a finalidade de tornar sua granulometria semelhante à da areia.

Figura 6: Peneiramento da concha de marisco triturada.



(Fonte: Autora, 2024).

4.3.1.2 Composição granulométrica e módulo de finura

O ensaio da granulometria da concha de marisco ocorreu conforme a NBR NM 17054 (ABNT, 2022). Para a realização deste ensaio foi necessária a utilização do conjunto de peneiras de acordo com a NM-ISO 3310-1 (ABNT, 2010). Ademais, foram utilizadas forma metálica, balança e a série de peneiras com abertura de malha de 2,36 mm, 1,18 mm, 600 µm, 300 µm e 150 µm.

Inicialmente, a amostra foi submetida à secagem em estufa a uma temperatura de 105 °C durante 24 horas. Posteriormente, 330g do resíduo de concha de marisco triturado foram pesados. Em seguida, foram colocadas a série de peneiras limpas, com abertura de malha crescente, colocou-se a tampa e o fundo. A seguir, a série de peneiras foi posicionada em um agitador, e porções do resíduo foram adicionadas, mantendo o conjunto de peneiras em agitação por 3 minutos, com uma frequência de 10Hz.

Figura 7: (a) Medição da amostra e (b) agitação.



Fonte: Autora (2024).

Ademais, segundo a NBR NM 17054 (2022) para a determinação do módulo de finura é necessário realizar a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100.

4.3.1.3 Massa específica

Para a determinação da massa específica do agregado miúdo foi seguida a NBR NM 16916, (ABNT, 2021). Primeiramente foi separada uma amostra de 2,5 kg do resíduo. Em seguida, a amostra foi espalhada em uma bandeja metálica e coberta com água potável, ficando nesta condição por 24 horas. Passado o tempo, retirou-se a água da bandeja e a amostra foi revolvida com frequência, com o intuito de assegurar uma secagem uniforme dos grãos.

Em seguida, uma parte da amostra foi colocada no molde tronco-cônico e aplicou-se 25 golpes com a haste de compactação, após isso levantou-se verticalmente o molde. Se quando retirar o molde, o agregado mantiver a forma do tronco-cônico, isto significa que ainda existe umidade, e assim deve-se continuar a secagem revolvendo a amostra, repetindo o ensaio em intervalos frequentes até que o cone com o agregado miúdo desmorone quando retirar-se o molde. Quando o cone desmoronar significa que o agregado atingiu a condição saturada seca e deve-se dar continuidade ao ensaio (Figura 8).

Figura 8: (a) Saturação da concha triturada e (b) compactação da amostra no molde tronco-cônico.



Fonte: Autora (2024).

O próximo passo foi separar 500 g do agregado miúdo (mB, massa da amostra na condição saturada superfície seca) e foi determinada a massa do conjunto (mC, compreendida pela massa da amostra na condição saturada superfície seca mais a massa do frasco). Em seguida, encheu-se o frasco com água até 500 mL e moveu-se o mesmo de forma a eliminar as bolhas de ar. Em seguida, o frasco foi colocado em banho termoregularizador mantido à temperatura constante de 25°C (997,0 kg/m³) por aproximadamente 1 hora.

Passado o tempo de 1 hora, o frasco foi completado com água até a marca de 500 mL, e determinou-se a massa total (mD, que corresponde à massa da amostra na condição saturada superfície seca, mais a massa do frasco, mais a massa da água) (Figura 9).

Figura 9: (a) Massa do conjunto frasco-concha, (b) frasco em banho e (c) massa do conjunto frasco-concha-água.



Fonte: Autora (2024).

O próximo passo foi separar 500 g da amostra, no qual a mesma foi secada em estufa a uma temperatura de 105 °C durante 24 horas. Passado esse período de tempo, a amostra foi pesada, onde foi determinada a massa da amostra seca (m_A).

Para determinar a massa específica do resíduo na condição seca, utilizou-se a seguinte equação:

$$\rho_s = \frac{m_A}{V - V_a} \quad (1)$$

Sendo, ρ_s =densidade do agregado na condição seca (g/cm³); m_A =massa da amostra seca em estufa (g); V =volume do frasco calibrado (cm³); V_a =volume de água adicionada ao frasco (cm³), o V_a é expresso através da seguinte equação:

$$V_a = \frac{m_D - m_C}{\rho_a} \quad (2)$$

Sendo, m_C =massa do conjunto formado pela massa da amostra na condição saturada superfície seca, mais a massa do frasco (g); m_D =massa da amostra na condição saturada superfície seca, mais a massa do frasco, mais a massa da água (g); ρ_a =densidade da água na temperatura do banho (g/cm³).

Para determinar a massa específica do resíduo na condição saturada superfície seca, utiliza-se a seguinte equação:

$$\rho_{sss} = \frac{m_B}{V - V_a} \quad (3)$$

Sendo, ρ_{sss} =densidade do agregado na condição saturada superfície seca (g/cm³); m_B =massa da amostra na condição saturada superfície seca (g);

Para determinar a absorção de água do resíduo foi utilizada a seguinte expressão:

$$Abs = \frac{m_B - m_A}{m_A} \quad (4)$$

Sendo, Abs =absorção de água (%); m_A =massa da amostra seca em estufa (g); m_B =massa da amostra na condição saturada superfície seca (g).

4.3.1.4 Massa unitária

O ensaio foi realizado seguindo a NBR 16972 (ABNT, 2021) e utilizando o método C, que é empregado para determinar a massa unitária do material no estado solto. Primeiramente, a amostragem dos agregados foi realizada de acordo com a ABNT NBR 16915. Para a realização deste ensaio foi preciso a utilização de uma balança com resolução de 50 g e um

recipiente cilíndrico metálico fabricado em material não atacável pela umidade, rígido e provido de alças. Ademais, foi utilizada uma concha, placa para rasamento do recipiente e uma estufa capaz de manter a temperatura no intervalo de 105 °C.

Para determinar o volume do recipiente foi necessário enchê-lo com água à temperatura de 23 °C. Em seguida, o recipiente foi coberto com a placa de rasamento. Após encher o recipiente a massa é calculada. O volume é calculado dividindo a massa de água por sua densidade, consideramos a densidade de 997,5 kg/m³ a 23 °C. A determinação do volume é realizada conforme a expressão:

$$V_{rec} = \frac{m_{rec+água} - m_{rec}}{\rho_{água}} \quad (5)$$

Sendo: V_{rec} = Volume do recipiente (m³); $m_{rec} + água$ = massa do recipiente em conjunto à água (kg); m_{rec} = massa do recipiente (kg); $\rho_{água}$ = densidade da água (de acordo com a temperatura) (kg/m³).

Em seguida, a amostra foi constituída por aproximadamente 150 % da quantidade de material requerido para encher o recipiente e foi seca durante 24h à temperatura de 105 °C. Primeiramente, foi determinada a massa do recipiente vazio. Em seguida, o recipiente foi enchido até transbordar com o auxílio de uma concha, e o agregado foi despejado de uma altura que não supere 50 mm acima da borda superior do recipiente. Após o despejo do agregado, ocorreu o nivelamento da sua camada superficial utilizando uma espátula, de forma a rasá-la com a borda superior do recipiente. Em seguida, a massa do recipiente com o agregado foi determinada.

Com os valores obtidos no ensaio, a massa unitária do resíduo é calculada a partir da equação 6:

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ar} - m_r}{V} \quad (6)$$

Onde:

ρ_{ap} é a massa unitária do resíduo, expressa em quilogramas por metro cúbico (kg/m³);

m_{ar} é a massa do recipiente com o resíduo, expressa em quilogramas (kg);

m_r é a massa do recipiente vazio, expressa em quilogramas (kg);

V é o volume do recipiente, expresso em metros cúbicos (m³);

Figura 10: (a) Pesagem da água para determinar o volume do recipiente e (b) recipiente com a concha moída.



Fonte: Autora (2024).

4.3.2 Aglomerante

4.3.2.1 Massa específica

O ensaio da massa específica do cimento seguiu os requisitos da NBR 16605 (ABNT, 2017). Para a realização deste procedimento foi utilizado o frasco volumétrico Le Chatelier. A amostra não precisou ser peneirada visto que o cimento utilizado foi recebido em saco fechado.

Primeiramente, é necessário adicionar um líquido não reagente com o cimento no frasco Le Chatelier, no ensaio foi utilizada a querosene. Com o auxílio de um funil de haste longa o líquido foi adicionado entre as marcas correspondente a zero e 1cm³. O frasco estava na seção acima do nível do líquido para quando o cimento for adicionado não grudar. Em seguida, o frasco foi secado com papel toalha.

O recipiente foi colocado dentro de um balde com água a uma temperatura de 25°C (997,0 kg/m³) por 30 min, essa etapa é necessária visto que a querosene modifica o volume com pequena diferença de temperatura. Após 30 min o frasco foi retirado da água e seu V1 é registrado.

Posteriormente é adicionado 61g do cimento com o auxílio de haste curta. Após isso, o frasco é fechado para girá-lo em posição inclinada em círculos horizontais, até que não subissem mais bolhas de ar para a superfície do líquido. Em seguida o frasco é colocado novamente submerso na água, ficando por um período de 30 min. Após isso, o frasco é retirado e a leitura final (V2) é registrada.

Com os valores obtidos no ensaio, a massa específica do cimento é calculada a partir da equação 7:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (7)$$

Onde:

ρ , é a massa específica do material ensaiado, expressa em gramas por centímetro cúbico;

m , é a massa do material ensaiado, expressa em gramas;

V , é o volume deslocado pela massa do material ensaiado ($V_2 - V_1$), expresso em centímetros cúbicos.

Figura 11: (a) Frasco em banho com a querosene e (b) Frasco em banho com o aglomerante.



Fonte: Autora (2024).

4.3.3 Agregado miúdo

4.3.3.1 Composição granulométrica e módulo de finura

O ensaio foi realizado seguindo a NBR 17054, (ABNT,2022). Primeiramente, a amostra foi secada em estufa a uma temperatura de 105 °C durante 24 horas. Em seguida, foi pesado 330g do agregado miúdo utilizando uma forma metálica, concha e uma balança. Em seguida, colocou-se as peneiras limpas, com abertura de malha crescente, com a tampa e o fundo. Ademais, para a realização do ensaio foram utilizadas a série de peneiras de 4,75mm a 0,15mm. Após isso, a série de peneira foi colocada em um agitador e adicionou-se o agregado miúdo. A série de peneiras permaneceu no agitador com uma frequência de 10Hz durante o tempo de 3 min.

Figura 12: (a) Medição da amostra e (b) agitação.



Fonte: Autora (2024).

4.3.3.2 *Massa específica*

O ensaio da massa específica da areia foi realizado conforme a NBR 16916 (ABNT, 2021). O procedimento foi feito da mesma forma que no item 4.3.1.3, onde foi determinada a massa específica da concha moída, porém neste ensaio foi utilizada a areia como agregado miúdo.

Figura 13: Saturação da areia.



Fonte: Autora (2024).

Figura 14: (a) Massa do conjunto frasco-areia, (b) frasco em banho e (c) massa do conjunto frasco-areia-água.



Fonte: Autora (2024).

4.3.3.3 *Massa unitária*

O ensaio para a caracterização em relação à massa unitária da areia foi realizado utilizando a NBR 16972:2021 e utilizando o método C, que é geralmente aplicado para determinar a massa unitária do material no estado solto. A caracterização foi feita seguindo igualmente o procedimento feito no item 4.3.1.4 de determinação de massa unitária do resíduo, visto que a norma utilizada é apropriada para agregados.

Figura 15: Recipiente com agregado miúdo após o rasamento e pesagem.



Fonte: Autora (2024).

4.3.4 Agregado graúdo

4.3.4.1 Composição granulométrica e módulo de finura

O ensaio foi realizado seguindo a NBR 17054:2022. Primeiramente, a amostra foi secada em estufa a uma temperatura de 105 °C durante 24 horas.

A preparação da amostra foi realizada seguindo os parâmetros da NBR 16915, adotando o método de quarteamento para a escolha da amostra a ser analisada, uma quantidade mínima de 5 quilos foi pesada e colocada em um recipiente de superfície plana. Em seguida, a amostra foi misturada com o auxílio de uma pá e submetida ao processo de quarteamento. Posteriormente, foram retirados dois quartos da amostra original e pesados, buscando obter metade da massa inicial.

Em seguida, colocou-se as peneiras limpas, com abertura de malha crescente, com a tampa e o fundo. Ademais, para a realização do ensaio foram utilizadas a série de peneiras de 19mm a 4,75 mm. Após isso, a série de peneira foi colocada em um agitador e adicionou-se o agregado graúdo. A série de peneiras permaneceu no agitador com uma frequência de 10Hz durante o tempo de 3 min.

Figura 16: Peneiramento do agregado graúdo.



Fonte: Autora (2024).

4.3.4.2 Massa específica

Para a determinação da massa específica do agregado graúdo foi seguida a NBR 16917, (ABNT, 2021). Primeiramente, para a realização deste procedimento foi separada uma amostra de 3 kg de brita 19. Em seguida, essa amostra foi colocada na peneira com abertura de malha

de 4,75, com a finalidade de remover o pó ou outro resíduo presente no agregado. Após isso, a amostra foi espalhada em uma bandeja metálica e coberta com água, ficando assim durante 24 horas.

Após o período de saturação, a amostra do agregado foi retirada da água e enxuta com o auxílio de uma flanela, com o intuito de remover toda a água da superfície. Após isso, a amostra foi pesada, a massa dessa amostra é denominada como condição saturada superfície seca.

Em seguida, a amostra foi colocada em um cesto de arame e submergida em água para realizar a determinação da massa da amostra submersa em água. Após isso, a mesma amostra foi retirada do cesto e levada à estufa durante 24 horas com uma temperatura de 105 °C, após ter passado 24 horas a amostra foi retirada da estufa e pesada, determinando, assim, a sua massa da amostra seca em estufa.

Figura 17: Pesagem hidrostática.



Fonte: Autora (2024).

Para determinar a massa específica do agregado seco, utilizou-se a seguinte expressão:

$$\rho_s = \frac{m_A}{m_B - m_C} \quad (8)$$

Sendo, ρ_s =densidade do agregado na condição seca, (g/cm³); m_A =massa da amostra seca em estufa (g); m_B =massa da amostra na condição saturada superfície seca (g); m_C =a massa da amostra submersa em água na condição saturada superfície seca (g).

Para determinar a massa específica do agregado na condição saturado superfície seca, utilizou-se a seguinte equação:

$$\rho_{sss} = \frac{m_B}{m_B - m_C} \quad (9)$$

Sendo, ρ_{sss} =densidade do agregado na condição saturada superfície seca (g/cm³); m_B =massa da amostra na condição saturada superfície seca (g); m_C =a massa da amostra submersa em água na condição saturada superfície seca (g).

Obtendo os valores anteriores, pode-se calcular a absorção de água da amostra, definida pela seguinte equação:

$$Abs = \frac{m_B - m_A}{m_A} \times 100 \quad (10)$$

Sendo, Abs = absorção de água (%); m_A =massa da amostra seca em estufa (g); m_B =massa da amostra na condição saturada superfície seca (g);

4.3.4.3 Massa unitária

Para a caracterização em relação à massa unitária da brita foi utilizada a NBR 16972 (ABNT, 2021). Para este ensaio foi utilizado o mesmo recipiente e procedimentos realizados no item 4.3.1.4 para o resíduo e também no item 4.3.3.3 para a areia. No entanto, para realizar a caracterização da brita 19 em relação à massa unitária é utilizado o método A que é empregado para determinar a massa unitária de material compactado, quando os agregados tiverem dimensão máxima característica de 37,5 mm ou menor. Primeiramente, é determinada a massa do recipiente vazio. Em seguida, o recipiente foi enchido em três camadas aproximadamente iguais de agregado.

Em seguida, efetuou-se o adensamento em cada camada, colocando o recipiente sob uma base firme como um piso de concreto, elevando alternadamente os lados opostos cerca de 50 mm e deixando-os cair, de forma que o adensamento se produza pela ação dos golpes secos. Logo após, é feito o adensamento em cada uma das três camadas, golpeando o recipiente 50 vezes, sendo 25 vezes de cada lado. Após o adensamento, foi realizado o nivelamento de sua camada superficial utilizando uma espátula, de forma a rasá-la com a borda superior do recipiente. Após o nivelamento, é determinada a massa do recipiente com o seu conteúdo. Sendo assim, a massa unitária da brita 19 pode ser calculada.

Figura 18: Recipiente com o agregado graúdo após a compactação e pesagem.



Fonte: Autora (2024).

4.4 Dosagem do concreto

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi escolhido o desenvolvimento do concreto para sua utilização para fabricação de pavers. Para isso, foi utilizado para a dosagem do concreto o método ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

4.4.1 Determinação da resistência mínima

Primeiramente, foi realizado um concreto em traço padrão, com o objetivo de traçar comparativos com os pavers com adição da concha de marisco. Foi produzido um concreto padrão de classe C35, conforme a NBR 8953 (ABNT, 2015) com resistência característica à compressão de 35 MPa aos 28 dias, para o qual foi realizado um estudo de dosagem conforme método proposto pela Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (RODRIGUES, 1995).

Ademais, a tabela 1 mostra os valores do desvio padrão que devem ser adotados em função da condição de preparo do concreto.

Tabela 1: Desvio padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto.

Condição de preparo do concreto	Desvio padrão MPa
A	4,0
B	5,5
C	7,0

Fonte: NBR 12655 (ABNT, 2022).

Considerou-se a condição A de preparo do concreto, aplicável a todas as classes de concreto, mencionada na NBR 12655 (ABNT, 2022), devido ao fato de a medição dos materiais ter sido feita em massa, com o valor do desvio padrão de 4,0 MPa, como mostrado na tabela 1.

Além disso, a resistência de dosagem (f_{cj}) foi estabelecida de acordo com a equação 11, conforme a ABNT NBR 9781:2013.

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 \times sd \quad (11)$$

Onde:

f_{cj} = resistência característica à compressão do concreto na idade “j” dias (MPa);

f_{ck} = resistência característica do concreto à compressão (MPa);

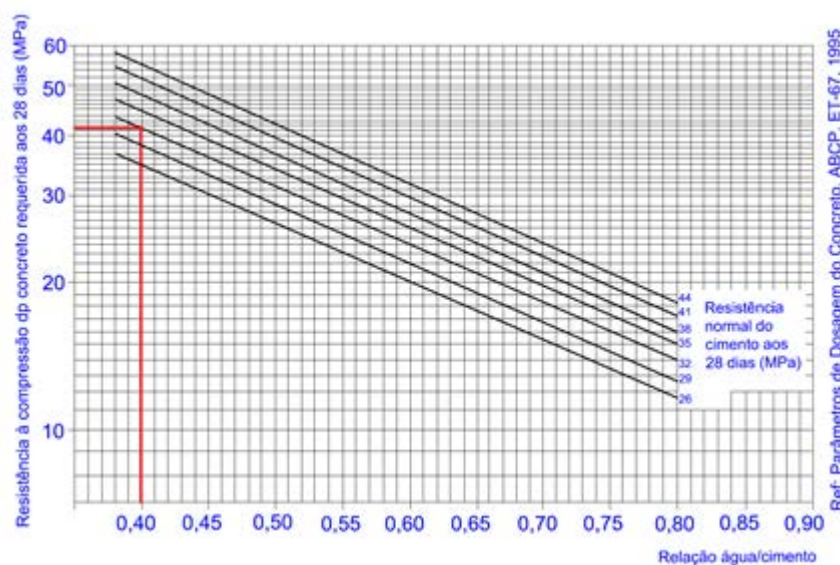
sd = desvio padrão.

Assim, com base no valor determinado de 35 MPa, o concreto deverá ser dosado com uma resistência-alvo $f_{c28} = 41,6$ MPa.

4.4.2 Relação água/cimento, consumo de água e abatimento

A escolha da relação água/cimento em função da resistência mecânica do concreto foi realizada baseando-se na curva de Abrams (figura 19). Ao relacionar o valor do $f_{ck} = 41,6$ MPa com a curva, encontrou-se o valor de $a/c = 0,40$.

Figura 19: Curva de Abrams.



Fonte: ABCP (1995).

Para relacionar a classe do abatimento, foi preciso defini-lo em função da aplicação típica do concreto. Conforme mostra a tabela 2, escolheu-se a aplicação de um concreto da categoria “extrusado, vibroprensado ou centrifugado”, geralmente utilizado para confecção de pavimentos intertravados, conhecidos como “paver”.

Tabela 2: Classes de consistência.

Classe	Abatimento (mm)	Aplicações típicas
S10	$10 \leq A \leq 50$	Concreto extrusado, vibroprensado ou centrifugado
S50	$50 \leq A \leq 100$	Alguns tipos de pavimentos e de elementos de fundações
S100	$100 \leq A \leq 160$	Elementos estruturais, com lançamento convencional do concreto
S160	$160 \leq A \leq 220$	Elementos estruturais, com lançamento bombeado do concreto
S220	≥ 220	Elementos estruturais esbeltos ou com alta densidade de armaduras

Fonte: NBR 8953 (ABNT, 2015).

4.4.3 Determinação do consumo de materiais

Para a quantidade de material do traço, a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) fornece fórmulas para determinar o consumo adequado, tal qual, tabelas que relacionam dados de caracterização dos materiais.

4.4.3.1 Consumo de cimento

O traço do concreto sempre é representado em relação ao cimento (ABCP, 1995), representado como:

$$T = \frac{C_c}{C_c} : \frac{C_{areia}}{C_c} : \frac{C_b}{C_c} : \frac{C_a}{C_c} \quad (12)$$

Sendo, C_c = Consumo de cimento, C_{areia} = Consumo de areia, C_b = Consumo de brita e C_a = Consumo de água. Todos os resultados em quilogramas por metro cúbico.

Assim, para determinar o consumo de cimento calculou-se:

$$C_c = \frac{C_a}{a/c} \quad (13)$$

Sendo, C_c = Consumo de cimento (kg/m³); C_a = Consumo de água aproximado (L/m³); a/c = Fator da relação água/cimento.

4.4.3.2 Consumo de brita

Um dos dados necessários para esse cálculo é o volume de brita, encontrado na tabela 3, fornecida pela ABCP, por meio de uma relação entre os valores de caracterização dos materiais.

Tabela 3: Volume de brita (m³).

MF	Dimensão máxima do agregado graúdo (mm)				
	9,5	19	25	31,5	37,5
1,6	0,665	0,79	0,815	0,84	0,865
1,8	0,645	0,77	0,795	0,82	0,845
2	0,625	0,75	0,775	0,8	0,825
2,2	0,605	0,73	0,755	0,78	0,805
2,4	0,585	0,71	0,735	0,76	0,785
2,6	0,565	0,69	0,715	0,74	0,765
2,8	0,545	0,67	0,695	0,72	0,745
3	0,525	0,65	0,675	0,7	0,725
3,2	0,505	0,63	0,655	0,68	0,705
3,4	0,485	0,61	0,635	0,66	0,685
3,6	0,465	0,59	0,615	0,64	0,665

Fonte: ABCP (1995).

O módulo de finura e o diâmetro máximo do agregado graúdo foram encontrados através dos ensaios de granulometria, podendo assim calcular o consumo de brita por:

$$C_b = V_b \times \rho_b \quad (14)$$

Sendo, C_b = Consumo de brita (kg/m³); V_b = Volume de brita (m³); ρ_b = Massa unitária compactada do agregado graúdo (kg/m³).

4.4.3.3 Consumo de areia

É necessário ter dados de volume e massa específica para definir o consumo de areia, sendo assim, determinou-se primeiro o volume de areia:

$$V_a = 1 - \left(\frac{C_c}{\rho_c} + \frac{C_b}{\rho_b} + \frac{C_a}{\rho_a} \right) \quad (15)$$

Sendo, V_a = Volume de areia (m³); C_c = consumo de cimento (kg/m³); ρ_c = massa específica do cimento (kg/m³); C_b = Consumo de Brita (kg/m³); ρ_b = massa específica da brita na condição seca (kg/m³); C_a = Consumo de água aproximado (L/m³); ρ_a = Massa específica da água (kg/m³). Para fins de cálculo adota-se ρ_a = 1000 kg/m³. Em seguida, calculou-se o consumo de areia.

$$C_{areia} = V_a \times \rho_{areia} \quad (16)$$

Sendo, V_a = Volume de areia (m^3); ρ_{areia} = massa específica da areia (kg/m^3).

4.5 Mistura do concreto

Para a realização da mistura do concreto, seguiram-se as recomendações da NBR 12821 (ABNT, 2009). Para isso, utilizou-se uma betoneira de 120 litros e os materiais foram adicionados em uma sequência. Primeiramente adicionou-se todo o agregado graúdo com um terço de água, enquanto a betoneira girou por 30 segundos. Em seguida, adicionou-se todo o agregado miúdo e o restante da água com a betoneira rodando. Essa mistura permaneceu na betoneira por aproximadamente 3 min.

Figura 20: Materiais utilizados no traço padrão.



Fonte: Autora (2024).

Figura 21: Mistura do concreto.



Fonte: Autora (2024).

4.5.1 Abatimento de tronco de cone

Após a realização da mistura do concreto na betoneira, realizou-se o ensaio de abatimento de tronco de cone, seguindo as orientações da NBR 16889 (ABNT, 2020). Para a realização deste ensaio foi utilizado o molde, placa de base, haste de adensamento, concha de seção U e régua. Primeiramente, o molde e a placa de base foram umedecidos com água e depois a placa de base foi colocada sobre uma superfície plana e colocou-se o molde sobre a placa de base. Após isso, colocou-se uma camada da mistura do concreto no molde e aplicou-se 25 golpes com o auxílio da haste de adensamento. Este procedimento foi repetido mais duas vezes, finalizando com três camadas.

O passo seguinte foi realizar o rasamento para a camada ficar uniforme e em seguida, levantou-se lentamente o molde. Após isso, foi realizada a medição do abatimento do concreto com o auxílio da régua. O abatimento é calculado através da diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo de prova.

4.5.2 Moldagem e cura dos corpos de prova

A etapa de moldagem foi realizada seguindo a NBR 5738 (ABNT, 2015). Primeiramente as formas foram untadas com óleo, com o intuito de facilitar a desmoldagem. Após isso, colocou-se uma camada de mistura de concreto na forma e aplicou-se 20 golpes com um utensílio de madeira e repetiu-se o processo mais uma vez. Este procedimento foi realizado em todas as formas. Em seguida as formas foram levadas para uma mesa agitadora, com o intuito de uniformizar os pavers, ficando nesta condição por aproximadamente 1 minuto.

Após a finalização da moldagem esperou-se 24 horas para a desmoldagem dos pavers. Passado este período de tempo, os pavers foram desmoldados e colocados imersos em água, mantendo-os armazenados por 28 dias, sendo o tempo de cura mínimo. Passado o tempo de cura, os pavers foram retirados da caixa d'água, identificados e separados para a realização da inspeção visual, avaliação dimensional e os ensaios de resistência à compressão simples e absorção de água.

4.5.3 Número de Pavers

Foram produzidos 14 pavers. Dos 14 pavers, 7 foram separados para a inspeção visual e os outros 7 para a avaliação dimensional. Ademais, após a realização desses ensaios, os pavers devem ser reaproveitados para os outros ensaios. Assim, foram utilizados 9 pavers para o ensaio de resistência à compressão e 5 pavers para o ensaio de absorção de água.

4.5.3.1 Inspeção visual

A inspeção visual consiste em buscar dentro do lote produzido, no mínimo 6 peças, defeitos que possam afetar negativamente o assentamento, o desempenho estrutural ou a estética do pavimento. Para tanto, foi inspecionado em cada peça as arestas, os ângulos, a presença de rebarbas e outros problemas.

4.5.3.2 Ensaios de resistência à compressão

Para a realização do ensaio de resistência à compressão foi utilizada a metodologia descrita no Anexo A da NBR 9781 (ABNT, 2013). Este ensaio consiste em aplicar uma força sobre a peça de concreto e avaliar qual a máxima resistência suportada, até a ruptura. Passado o tempo de cura de 28 dias, os pavers devem ser enxutos e levados para o laboratório e devem ser centralizados na prensa hidráulica, e em seguida, deve-se aplicar a carga manualmente, acionando a haste do injetor. Após o rompimento do paver, o resultado é exibido em tonelada-força no indicador digital.

Figura 22: Prensa hidráulica.



Fonte: Autora (2024).

Ademais, de acordo com a NBR 9781 (ABNT, 2013) pode-se calcular a resistência à compressão dos pavers através da seguinte expressão:

$$f_{pk,est} = f_p - t \times s \quad (17)$$

Onde “s” é o desvio-padrão da amostra (MPa), calculado através da Equação 18:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(f_p - f_{pi})^2}{n-1}} \quad (18)$$

Sendo:

f_p é a resistência média das peças, expressa em megapascals (MPa);

f_{pi} é a resistência individual das peças, expressa em megapascals (MPa);

$f_{pk,est}$ é a resistência característica estimada à compressão, expressa em megapascals (MPa);

n é o número de peças da amostra;

t é o coeficiente de Student que é encontrado através da tabela abaixo (tabela 4), na qual está relacionada à quantidade de amostra.

Tabela 4: Coeficiente de Student.

n	t
6	0,920
7	0,906
8	0,896
9	0,889
10	0,883
12	0,876
14	0,870

Fonte: NBR 9781 (ABNT, 2013).

Ademais, f_{pi} é calculado através da seguinte expressão:

$$f_{pi} = \frac{Carga}{Área} \times p \quad (19)$$

Onde:

$Carga$ = carga aplicada sobre o material em Newton (N);

$Área$ = área do material, em milímetros quadrado (mm²);

p = fator multiplicativo em relação à espessura do pavers, ilustrado na tabela 5.

Tabela 5:Fator multiplicativo p.

Espessura nominal da peça (mm)	p
60	0,95
80	1,00
100	1,05

Fonte: NBR 9781 (ABNT, 2013).

Além disso, de acordo com a NBR 9781 (ABNT, 2013) os pavers devem apresentar uma compressão característica mínima conforme às especificações da Tabela 6.

Tabela 6:Resistência característica à compressão.

Solicitação	Resistência característica à compressão aos 28 dias (MPa)
Tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha	≥ 35
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	≥ 50

Fonte: NBR 9781 (ABNT, 2013).

4.5.3.3 Ensaios de Absorção de água

A absorção de água representa a penetração de água nos poros da peça, através do aumento da massa, em relação ao estado seco. Para a realização deste ensaio deve-se utilizar a metodologia do Anexo B da NBR 9781 (ABNT, 2013). Para isso, foram utilizados sete corpos. Os blocos intertravados devem ser colocados em estufa, a 110 °C por 24 horas, e finalizado esse tempo, devem ser pesados. Em seguida, os corpos de provas devem ser colocados submersos em água, com temperatura de 23 °C por um período de 24 horas, e em seguida pesados novamente.

A absorção da água foi calculada através da seguinte expressão:

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (20)$$

Sendo, A= Absorção de cada corpo de prova (%); m_1 = massa do corpo de prova seco (g); m_2 = massa do corpo de prova saturado (g).

Além disso, segundo a NBR 9781 (ABNT, 2013) a amostra de peças de concreto deve apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7 %.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Resíduo

5.1.1 Trituração

Após a trituração do resíduo, o mesmo apresentou uma coloração acinzentada e aspecto fino (Figura 23). Além disso, a separação granulométrica do resíduo pode ser observada na Figura 24.

Figura 23: Concha de marisco após a trituração.



Fonte: Autora (2024).

5.1.2 Separação granulométrica

Figura 24: Resíduo após a separação granulométrica.



Fonte: Autora (2024).

5.1.3 Composição granulométrica e módulo de finura

A disposição é vista conforme a Figura 25, que mostra a distribuição dos grãos variando entre as séries de peneiras (a) 2,36 mm, (b) 1,18 mm, (c) 0,6 mm, (d) 0,3 mm, (e) 0,15 mm e (f) fundo.

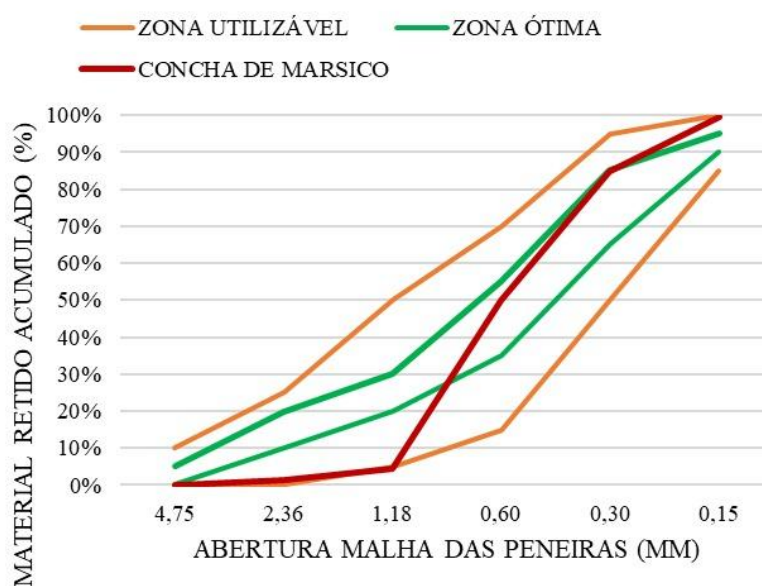
Figura 25: Amostra de massas retidas de concha de marisco nas respectivas malhas e fundo.



Fonte: Autora (2024).

Por meio do ensaio de granulometria foi possível determinar a curva granulométrica (Gráfico 1), a qual detalha o percentual de cada fração do grão presente na amostra. Além disso, a concha de marisco apresentou um módulo de finura médio igual a 2,40.

Figura 26: Curva granulométrica – Concha de marisco.



Fonte: Autora (2024).

5.1.4 Massa específica

O ensaio da massa específica foi realizado em duplicata. A massa da amostra seca em estufa (mA) é de 481 g e 482 g, o volume do frasco calibrado é de 500 ml, a massa do conjunto formado pela massa da amostra na condição saturada superfície seca, mais a massa do frasco é de 769 g e 770 g, a massa da amostra na condição saturada superfície seca, mais a massa do frasco, mais a massa da água é de 1103 g e 1078 g e o volume de água adicionada ao frasco é de 335,01 cm³ e 308,93 cm³. Assim, substituindo os valores nas fórmulas, temos que a média da massa específica na condição seca é de 2,72 g/cm³, a média da massa específica na condição saturada superfície seca é de 2,82 g/cm³ e a média da absorção de água é de 3,84%.

5.1.5 Massa unitária

O ensaio da massa unitária da concha foram realizados em triplicata. Com a massa do recipiente sendo igual a 0,5332 kg, conjunto recipiente-água com 17,053 kg e densidade da água com 997,5 kg/m³, calculou-se o volume do recipiente igual a 0,011562m³. Com esse valor realizou-se o cálculo de massa unitária, resultando em um valor médio de 1462 kg/m³.

5.2 Aglomerante

5.2.1 Massa específica

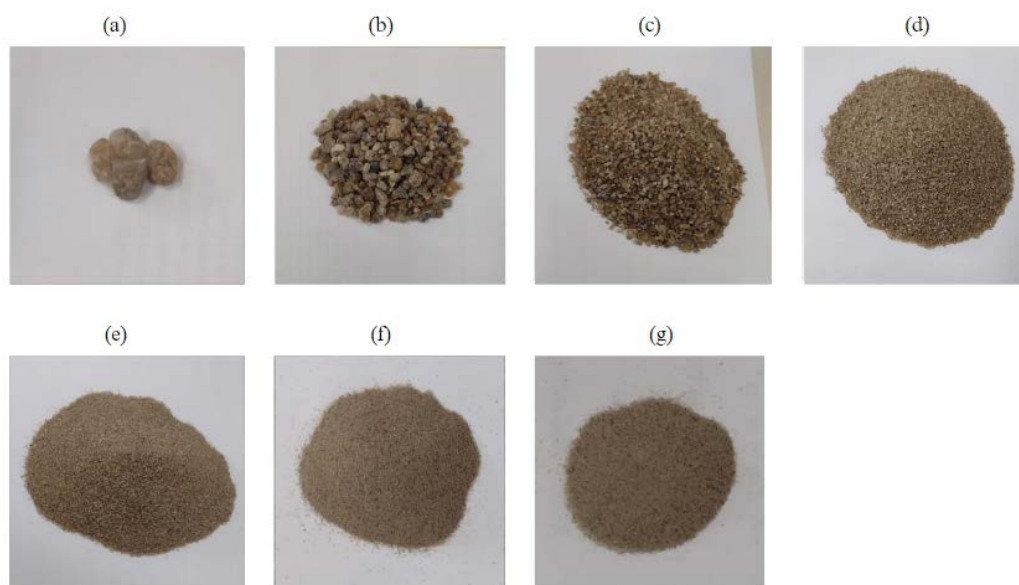
O ensaio da massa específica do aglomerante foram realizados em duplicata. O frasco Le Chatelier apresentou leituras iniciais de 0,4 cm³ e 0,7 cm³ e como segunda leitura apresentou 21,6 cm³ e 22 cm³. Desse modo, aplicando esses resultados na equação temos que a média da massa específica do aglomerante é de 2,87 g/cm³.

5.3 Agregado miúdo

5.3.1 Composição granulométrica e módulo de finura

A disposição é vista conforme a Figura 27, que mostra a distribuição dos grãos variando entre as séries (a) 4,75 mm, (b) 2,36 mm, (c) 1,18 mm, (d) 0,6 mm, (e) 0,3 mm, (f) 0,15 mm e (g) fundo.

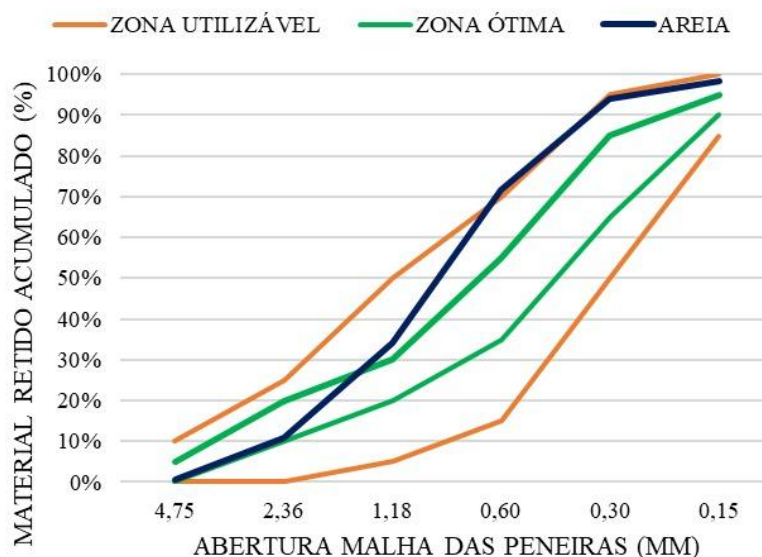
Figura 27: Amostra de massas retidas de areia nas respectivas malhas e fundo.



Fonte: Autora (2024).

Por meio do ensaio de granulometria foi possível determinar a curva granulométrica (Gráfico 2), a qual detalha o percentual de cada fração do grão presente na amostra. Além disso, o agregado miúdo apresentou módulo de finura médio igual a 3,09.

Figura 28: Curva granulométrica – Agregado miúdo.



Fonte: Autora (2024).

5.3.2 Massa específica

O ensaio da massa específica do agregado miúdo foram realizados em duplicata. A massa da amostra seca em estufa (mA) é de 492,8 g e 492,5 g, o volume do frasco calibrado

é de 500 ml, a massa do conjunto formado pela massa da amostra na condição saturada superfície seca, mais a massa do frasco é de 766,5 g e 689,2 g, a massa da amostra na condição saturada superfície seca, mais a massa do frasco, mais a massa da água é de 1071,6 g e 993,5 g e o volume de água adicionada ao frasco a uma temperatura de 25°C é de 305,1 cm³ e 304,3 cm³. Assim, substituindo os valores nas fórmulas, temos que a média da massa específica na condição seca é de 2,523 g/cm³, a média da massa específica na condição saturada superfície seca é de 2,56 g/cm³ e a média da absorção de água é de 1,5%

5.3.3 Massa unitária

O ensaio da massa específica da areia foram realizados em triplicata. Assim, a média da massa unitária da areia é de 1429 kg/m³.

5.4 Agregado graúdo

5.4.1 Composição granulométrica e módulo de finura

A disposição é vista conforme a Figura 29, que mostra a distribuição dos grãos variando entre as séries (a) 19 mm, (b) 12,50 mm, (c) 9,50 mm, (d) 6,30 mm, (e) 4,75 mm e (f) fundo.

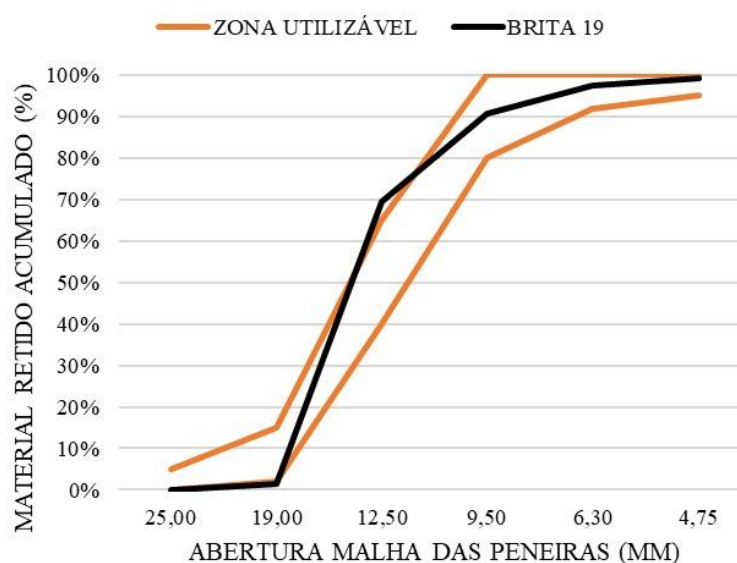
Figura 29: Amostra de massas retidas do agregado graúdo nas respectivas malhas e fundo.



Fonte: Autora (2024).

Por meio do ensaio de granulometria foi possível determinar a curva granulométrica (Gráfico 3), a qual detalha o percentual de cada fração do grão presente na amostra. Além disso, o agregado graúdo apresentou um módulo de finura médio igual a 2,6.

Figura 30: Curva granulométrica – Agregado graúdo.



Fonte: Autora (2024).

5.4.2 Massa específica

O ensaio da massa específica da brita 19 foram realizados em triplicata. A massa da amostra seca em estufa (mA) é de 2968, 2960 g e 2940 g, a massa da amostra na condição saturada superfície seca (mB) é de 2978, 2962 e 2963 g a massa da amostra submersa em água na condição saturada superfície seca (mC) é de 1841, 1841,7 e 1839,7 g. Assim, substituindo esses valores nas fórmulas temos que a média massa específica do agregado seco é de 2,623 g/cm³, a média da massa específica do agregado na condição saturada da superfície seca é de 2,63 g/cm³. Além disso, a absorção de água da amostra é de 0,4%.

5.4.3 Massa unitária

O ensaio da massa unitária da brita 19 foram realizados em triplicata. Assim, a média da massa unitária da brita 19 é de 1543 kg/m³.

5.5 Dosagem do concreto

5.5.1 Determinação do consumo de água

O consumo de água foi determinado baseando-se na ABCP, cuja tabela 7 relaciona o abatimento do concreto com o diâmetro máximo do agregado graúdo. A brita utilizada foi de 19 milímetros e o abatimento dentro do intervalo de 40 a 60 milímetros.

Tabela 7: Consumo aproximado de água (L/m³).

Abatimento (mm)	Diâmetro máximo do agregado graúdo (mm)				
	9,5	19	25	32	38
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Fonte: ABCP (1995).

5.5.2 Determinação do consumo de cimento

O consumo de cimento foi calculado com base no consumo de água e na relação água/cimento, por meio de:

$$C_c = \frac{C_a}{a/c} = \frac{195}{0,40} = 487,5 \text{ kg/m}^3$$

5.5.3 Determinação do consumo de agregados miúdo e graúdo

O consumo estimado de agregado graúdo foi obtido com auxílio da tabela da ABCP, a qual relaciona o módulo de finura da areia (MF) e o diâmetro máximo da brita (D_{máx}), encontrando assim, o volume por metro cúbico de concreto. O D_{máx} da brita foi de 19 mm e o MF da areia resultou em 2,6, encontrando um volume de brita por metro cúbico de 0,69. Assim, o consumo de brita foi de 1064,67 kg/m³.

O passo seguinte foi determinar o consumo de areia. Primeiramente, calculou-se o volume do agregado miúdo, por meio da seguinte expressão:

$$V_a = 1 - \left(\frac{C_c}{\rho_c} + \frac{C_b}{\rho_b} + \frac{C_a}{\rho_a} \right) = 1 - \left(\frac{487,5}{2871} + \frac{1064,67}{2623} + \frac{195}{1000} \right) = 0,23$$

Logo, aplicou-se na equação do consumo, encontrando um consumo de areia de 578,53 kg/m³.

5.6 Determinação do traço

A definição do traço (T) foi feita em massa, realizado por meio do consumo dos materiais em relação ao consumo de cimento, como demonstrado na equação abaixo:

$$T = 1 : \frac{C_{areia}}{C_c} : \frac{C_b}{C_c} : \frac{C_a}{C_c} = 1 : \frac{578,53}{2871} : \frac{1064,67}{2623} : \frac{195}{487,5} = 1 : 1,19 : 2,18 : 0,40$$

Com base neste traço padrão foram realizados os cálculos para encontrar os traços de 50% e 100% de substituição. Assim, encontrou-se os seguintes traços:

Tabela 8: Traço unitário em massa.

SUBSTITUIÇÃO	CIMENTO (KG)	AREIA (KG)	CONCHA (KG)	BRITA (KG)	ÁGUA (L)
TRAÇO PADRÃO	1	1,19	0	2,18	0,4
TRAÇO 50%	1	0,595	0,625*	2,18	0,4
TRAÇO 100%	1	0	1,25*	2,18	0,4

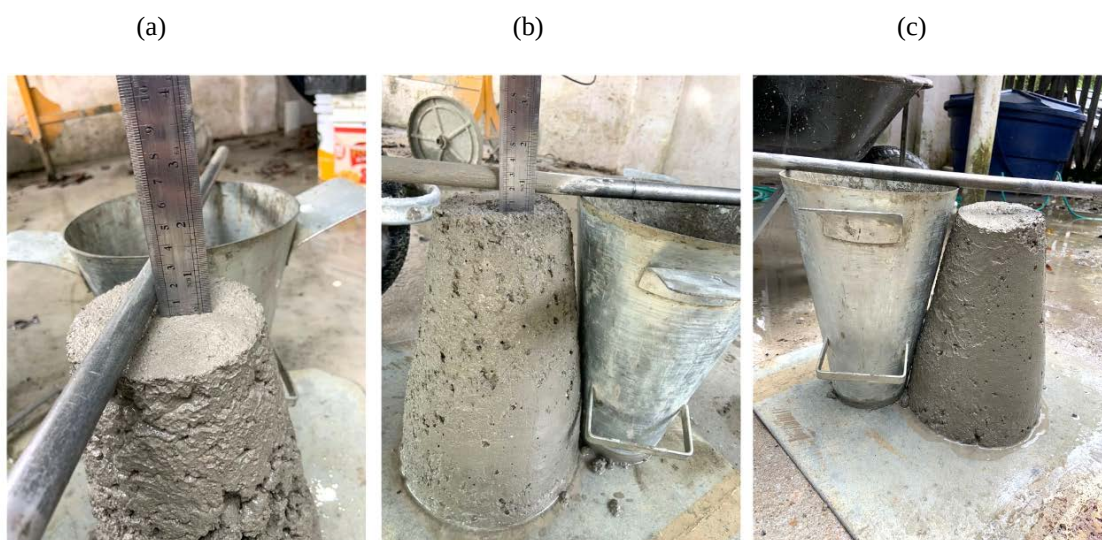
Fonte: Autora (2024).

*Valores calculados a partir da substituição em volume.

5.6.1 Abatimento do concreto e moldagem dos corpos de prova

Após serem realizados os procedimentos da mistura do concreto, o passo seguinte foi realizar o ensaio de abatimento, conforme descrito em 4.5.1. Dessa forma, o concreto padrão, 50 % e 100% de substituição apresentaram abatimento de 15mm, 23mm e 25mm respectivamente.

Figura 31: (a) Slump test do traço padrão, (b) 50% de substituição e (c) 100% de substituição.



Fonte: Autora (2024).

Ademais, em relação à moldagem dos pavers, os mesmos foram deixados nos moldes por 24 horas e após o desmolde, foram transferidos para uma caixa d'água, ficando nesta condição durante 28 dias.

Figura 32: Pavers (a) nos moldes, (b) desmoldados, (c) na cura.



Fonte: Autora (2024).

5.6.2 Inspeção visual

Os pavers demonstraram bons resultados visualmente. Ademais, não apresentaram rebarbas e estavam em perfeito estado.

5.6.3 Avaliação dimensional

Após a realização da medição dos planos, os pavers apresentaram os seguintes resultados descritos na tabela 9.

Tabela 9: Média da Avaliação Dimensional.

PAVERS	DIMENSÕES MÉDIAS (MM)		
	PADRÃO	50%	100%
LARGURA INF	102,9	103,0	102,8
LARGURA SUP	100,0	100,0	100,0
COMPRIMENTO INF	201,9	201,8	203,0
COMPRIMENTO SUP	199,0	199,0	199,0
ESPESSURA	61,7	61,5	61,6

Fonte: Autora (2024).

Sendo assim, de acordo com as dimensões especificadas pela NBR 9781, pode-se concluir que os pavers estão dentro dos limites estabelecidos pela norma.

5.6.4 Resistência à compressão

A tabela 10 mostra os resultados do ensaio de resistência à compressão.

Tabela 10: Resistência à compressão.

PAVERS	RESISTÊNCIA (MPA)		
	PADRÃO	50%	100%
1	67,35	65,93	52,32
2	60,86	63,70	55,08
3	52,15	65,72	54,99
4	58,13	61,27	53,39
5	57,38	64,32	51,73
6	68,33	62,19	54,83
7	60,45	63,62	51,09
8	58,81	56,67	52,48
9	59,40	62,53	50,17
Média	60,32	62,88	52,90
S	4,96	2,79	1,79
f _{pk} , est	55,90	60,40	51,30

Fonte: Autora (2024).

Dessa forma, os pavers apresentaram resistência à compressão maiores a 50 MPA. Assim, conforme a NBR 9781 (ABNT, 2013) os pavers podem ser utilizados para tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados.

O traço de 100% sem o agregado miúdo apresentou os menores valores dentre os analisados. Enquanto que o traço de 50% de substituição apresentou a melhor alternativa. Assim, a partir desses resultados, pode-se observar que a resistência à compressão diminui à medida que a porcentagem de agregado de concha de marisco aumenta.

Ainda, Mohanalakshmi et al. (2017), substituiu a areia por concha em 20%, 40%, 60%, 80% e 100%, sendo observado um aumento gradual na resistência para os níveis de substituição de 20%, 40%, 60% e 80%. Após isso, houve uma queda na resistência para o nível de substituição de 100%. O maior percentual de substituição foi encontrado em 80%, que marcou o valor máximo de resistência.

No estudo de Caldas (2018) foram realizadas pesquisas sobre concreto com resíduos de concha de marisco da espécie *Anomalocardia Flexuosa* e substituíram 10%, 15%, 50%, 75% e 100% do agregado miúdo, com a finalidade de utilizar este concreto para a produção de blocos vazados de concreto simples. Na pesquisa foi analisada uma redução da resistência à compressão nos concretos com incorporação do resíduo de concha. Ademais, a substituição de 100% apresentou o menor resultado em comparação com as outras substituições.

Ainda, Fioriti (2007) utilizou resíduos de pneus com substituição do agregado miúdo para produção de concreto, com o intuito de utilizar na produção de pavers para pavimentos. Assim, observou-se que com o aumento do teor de resíduos de pneus houve uma diminuição da resistência à compressão.

Ainda, Cunha (2020) produziu concretos utilizando concha de marisco triturada para substituir até 30% do agregado miúdo na fabricação de blocos de cimento para alvenaria não estrutural e intertravados "paver" para pavimentação. Ademais, foi concluído que a mistura da concha triturada não causou redução na resistência à compressão e sim um aumento, na substituição de 10%, 20% e 30% teve um acréscimo em relação ao traço padrão de 4,71%, 5% e 7,3%, respectivamente.

5.6.5 Absorção de água

Os resultados do ensaio de absorção de água dos pavers é mostrado na tabela seguinte (Tabela 11).

Tabela 11: Absorção de água

PAVERS	ABSORÇÃO (%)		
	PADRÃO	50%	100%
1	3,54	3,30	3,78
2	3,52	2,85	3,84
3	3,44	2,85	3,98
4	3,35	3,03	3,70
5	3,47	3,20	3,74
Média	3,46	3,04	3,81

Fonte: Autora (2024).

De acordo com a metodologia do Anexo B da NBR 9781 (ABNT, 2013) a amostra de peças de concreto devem apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %. Sendo assim, o traço padrão, 50% e 100% de substituição estão dentro dos limites estabelecidos na norma.

Ademais, observou-se uma mudança na absorção de água dos pavers devido ao aumento do teor de resíduo da concha de marisco. Com base nos resultados obtidos (Tabela 11) verificou-se que com a substituição total da areia por concha de marisco, a absorção de água foi maior em relação ao traço padrão e com substituição parcial do agregado miúdo. No entanto, Caldas (2018) observou uma menor absorção de água com a substituição de 100% em relação aos outros níveis de substituições. Ainda, o traço padrão apresentou uma maior absorção de água. Também, no estudo de Cunha (2020) foi observada uma maior absorção de água no traço padrão em relação aos demais níveis de substituições.

Ainda, Lima et al. (2020) pesquisou a viabilidade de produzir blocos intertravados de concreto com substituição parcial do agregado natural pelo plástico. Desse modo, foi concluído que o aumento do plástico nos pavers aumentou a absorção de água, concluindo que quanto mais plástico, maior a porosidade do material.

6. CONCLUSÃO

Desse modo, a pesquisa buscou analisar a viabilidade de produzir concreto utilizando as conchas de mariscos, visto que essas conchas são extremamente potencializadoras de contaminação ambiental, principalmente quando seu descarte inadequado ocorre.

Ainda, a extração de areia causa inúmeros desequilíbrios ambientais. Desse modo, a pesquisa busca diminuir a grande quantidade de conchas que existem no município de Igarassu e reduzir também os desequilíbrios causados pela extração da areia, assim, podendo contribuir para a minimização dos impactos e oferecendo alternativas ecologicamente corretas para a produção de pavers.

Assim, os resultados obtidos na pesquisa evidenciaram uma viabilidade na utilização de resíduo de concha de marisco como substituição parcial de agregado miúdo para blocos intertravados de concreto. Portanto, a utilização parcial das conchas de marisco como substituto pode prolongar a vida útil dos aterros, reduzir o impacto ambiental associado à extração de areia e promover práticas mais sustentáveis na construção civil.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; AGUIAR, Laís Alencar de; BARBOSA, Oscar Rocha; MATTA, Patrícia dos Santos; GUROVA, Tetyana; CUNHA, Tatiana Santos da. **AValiação dos Impactos Ambientais Causados pela Extração de Areia**. Revista Internacional de Ciências, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 14–15, 2023. DOI: 10.12957/ric.2023.74837. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/ric/article/view/74837>. Acesso em: 13 mar. 2024.

ANDRADE, E. T. C. **Caracterização do concreto leve com isopor e acréscimo de fibra de polipropileno**. Anais IV CONAPESC. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/56632>. Acesso em: 07/03/2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 16889: Concreto – **Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8953: **Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

CALDAS, A. A.. **Uso de conchas de marisco na fabricação de blocos vazados de concreto simples para alvenaria**. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.9, n.5, p.248-257, 2018. DOI:<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.005.0022>.

CIDADE BRASIL. **Município de Igarassu**. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-igarassu.html>. Acesso em: 12/03/2024.

CUNHA, A. L. X. **Reciclagem dos Rejeitos da Atividade de Mariscagem: Uso na Indústria de Blocos Pré-Moldados de Concreto**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

FERRARI, Helen; MANCA, Ricardo da Silva. **Utilização de resíduos plásticos no traço de blocos de concreto tipo paver**. Revista Prospectus: Revista Prospectus Gestão e Tecnologia, Itapira, v. 2, n. 1, p. 234-252, 2020.

FIORITI, C. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. São Carlos. 202p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

IBGE.**Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/igarassu.html>. Acesso em: 12/03/2024.

JESUS, R. S.; PROST, C. **Importância da atividade artesanal de mariscagem para as populações nos municípios de Madre de Deus e Saubara, Bahia.** GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n.30, p.123-137, 2017.

LEITE, I. C. A.; DAMASCENO, J. L. C.; REIS, A. M.; ALVIM, M. **Gestão de resíduos na construção civil: um estudo em Belo Horizonte e região metropolitana.** Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Goiás, v. 14, n. 1, p. 159-175, 2018.

LIMA, Bruna Alice Taveira de. **Vozes da maré: extensão popular e a população marisqueira de Cabedelo-PB.** 2019. 211f. Tese (Doutorado em Educação) - Centro de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/27743>. Acesso em: 08 mar. 2024.

MOHANALAKSHMI, V.; INDHU, S.; HEMA, P.; PRABHA, V. C. **Developing concrete using sea Shell as a fine aggregate.** IJIRST, v. 3, n. 10, p. 282-286, 2017.

NBR 16605: **Cimento Portland e outros materiais em pó-Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro, 2017.

NBR 12655: **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

NBR 12821: **Preparação de concreto em laboratório – Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

NBR NM 53: **Agregado graúdo-Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro, 2009.

NBR NM 16915:**Agregados-Amostragem.** Rio de Janeiro, 2021.

NBR NM 16916:**Agregado miúdo-Determinação da densidade e da absorção de água.** Rio de Janeiro, 2021.

NBR NM 16917:**Agregado graúdo-Determinação da densidade e da absorção de água.** Rio de Janeiro, 2021.

NBR NM 16972:**Agregados-Determinação da massa unitária e do índice de vazios.** Rio de Janeiro, 2021.

NBR NM 17054 : **Agregados-Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2022.

NBR NM- ISO 3310-1:**Peneiras de ensaio–Requisitos técnicos e verificação**. Rio de Janeiro, 2010.

OLIVEIRA, Bruno Marcel Carneval de. **A gestão dos resíduos da mariscagem pernambucana**. 2016. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2016.

PEREIRA, K. L. S.; SARAIVA, A. G. (2019). **Ações de sustentabilidade do descarte e utilização de conchas de mariscos na comunidade pesqueira do distrito de Livramento, Santa Rita (PB)**. Revista Brasileira de Educação Ambiental, 14 (2), 189-200.

RODRIGUES, P. P. F. **Parâmetros de dosagem de concreto**. 2 ed. São Paulo: ABCP, 1995.

SILVA, R. F.; MOTA, J. M. F; MORAES, Y. B. L; SANTOS, A. M. **Utilização do resíduo da maricultura do litoral pernambucano em compósitos cimentícios argamassas e concretos**. Editora Livro Rápido. Olinda, 2020.

SILVA, Rodrigo de Oliveira. **Análise Socioeconômica e Agroambiental da Agricultura Familiar na comunidade rural de Fazendinha, Magalhães Barata, Pará**. Orientador: Luiz Cláudio Moreira Melo Júnior. 2023. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema, 2023. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/submit?workflow=3485>. Acesso em:08 mar. 2024.

SOUTO, F. J. B.; MARTINS, V. S. **Conhecimentos etnoecológicos na mariscagem de moluscos bivalves no manguezal do Distrito de Acupe, Santo Amaro – BA**. Revista Biotemas, v.22, n.4, p.207-218, 2018.

TRENTIN, Priscila Ongaratto et al. **Substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de vidro moído na produção de argamassa**. Matéria (Rio de Janeiro) [online]. 2020, v. 25, n. 1 [Acessado 08 Março 2024] , e-12576. Disponível em: 69 . Epub 06 Abr 2020. ISSN 1517-7076.