



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

ISAAC PEREIRA TELES

**USO DA CONCHA DE MOLUSCOS BIVALVES: APROVEITAMENTO
NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**RECIFE - PERNAMBUCO
2025**

ISAAC PEREIRA TELES

**USO DA CONCHA DE MOLUSCOS BIVALVES: APROVEITAMENTO
NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda;

Coorientador: Prof. Dr. Lincoln Elói de Araújo.

**RECIFE – PERNAMBUCO
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Lorena Teles – CRB-4 1774

T269u Teles, Isaac Pereira.
 Uso da concha de moluscos bivalves: aproveitamento na indústria da construção civil / Isaac Pereira Teles. - Recife, 2025.
 83 f.; il.

 Orientador(a): Romildo Morant de Holanda.
 Co-orientador(a): Lincoln Elói de Araújo.

 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, BR-PE, 2025.

 Inclui referências e apêndice(s).

 1. Blocos de concreto. 2. Pesca artesanal. 3. Resíduos como material de construção. 4. Desenvolvimento sustentável 5. Resíduos de animais - Reaproveitamento. I. Holanda, Romildo Morant de, orient. II. Araújo, Lincoln Elói de, coorient. III. Título

CDD 620.8

ISAAC PEREIRA TELES

**USO DA CONCHA DE MOLUSCOS BIVALVES: APROVEITAMENTO NA
INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: de de 20 .

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda
Presidente da Banca e Orientador

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Fernanda Wanderley Corrêa de Araújo
Membro Externo - Instituição

Prof. Dr. Alex Souza Moraes
Membro Interno - UFRPE

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter guiado cada passo da minha jornada, concedendo-me força, sabedoria e perseverança para superar os desafios e alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, Lúcio Teles e Maria do Socorro Pereira, pelo amor incondicional, apoio e incentivo constantes, que sempre foram essenciais em minha caminhada, tanto acadêmica quanto pessoal. A minha irmã, Yasmin Teles, por acreditarem em mim, pelo suporte e pelas palavras de encorajamento ao longo desta trajetória.

Aos meus amigos Victor, Liliane, Ana Luíza, Lucas, Eduarda, Luana e aos outros que também devo profunda gratidão, por todo o apoio, incentivo e companhia ao longo dessa caminhada. Suas palavras e amizade foram fundamentais nos momentos mais difíceis.

Aos meus orientadores, Prof. Romildo Morant e Prof. Lincoln Elói, pelo comprometimento, paciência e dedicação, guiando-me com sabedoria e contribuindo imensamente para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao CITAR, pelo ambiente de aprendizado e pelo suporte técnico e intelectual, que foram essenciais para a realização desta pesquisa.

Ao Laboratório de Pequenos Ruminantes do Departamento de Zootecnia da UFRPE, em especial ao Prof. Francisco, Mateus e Seu Pedro, pela receptividade, colaboração e disponibilidade durante a fase experimental.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPEAMB), pela infraestrutura e suporte oferecidos, e aos professores e funcionários, cujo conhecimento e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela estrutura e recursos disponibilizados, que tornaram possível a realização desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho, meu mais sincero agradecimento.

“You can never cross the ocean until you have the courage to lose sight of the shore”

(Christopher Columbus)

RESUMO

TELES, Isaac Pereira, M.Sc., Universidade Federal Rural de Pernambuco, fevereiro de 2025.
Uso da concha de moluscos bivalves: Aproveitamento na indústria da construção civil.
Orientador: Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda. Coorientador: Prof. Dr. Lincoln Elói de Araújo.

A atividade de mariscagem é a principal fonte de renda para diversas comunidades costeiras, sendo uma prática tradicional que depende diretamente da conservação ambiental para sua continuidade. Um dos locais de extração em Pernambuco é a Praia de Mangue Seco, no município de Igarassu, no Canal de Santa Cruz, cuja biodiversidade é composta majoritariamente pelo molusco *Anomalocardia flexuosa*. Esse molusco, quando em fase adulta, possui aproximadamente 80% de sua massa composta por concha e apenas 20% por carne, gerando grande volume de resíduos após o debulhamento. O descarte inadequado dessas conchas tem causado impactos ambientais relevantes, como cobertura do solo, perda da vegetação, desmatamento, assoreamento do rio, poluição e proliferação de vetores de doenças. Com base em levantamento topográfico, estimou-se que as pilhas de conchas acumuladas na área da praia correspondem a 268,28 m³, equivalentes a cerca de 392 toneladas de resíduos. Diante desse cenário, este trabalho avaliou a viabilidade técnica e econômica da incorporação das conchas marinhas na fabricação de blocos de concreto (BC) para alvenaria de vedação (9 × 19 × 39 cm), substituindo areia e brita por conchas trituradas. Foram produzidos blocos de referência (B0 – 0%), com 50% (B50) e 100% (B100) de substituição, submetidos a ensaios de resistência à compressão, absorção de água por imersão e capilaridade, após 28 dias de cura. No ensaio de imersão, os blocos apresentaram absorção crescente conforme o nível de substituição: B0 = 6,69%, B50 = 7,46% e B100 = 8,83%, todos dentro dos limites normativos. Na capilaridade, o B0 apresentou maior absorção inicial, seguido do B50, enquanto o B100 reteve menos água nas primeiras horas, mas igualou-se ao B0 após 48h. Em termos de resistência à compressão, todos os blocos atenderam aos requisitos para alvenaria de vedação: o B100 alcançou valores acima de 3,00 MPa (Classe C), e o B50 entre 4,00 e 8,00 MPa (Classe B), ambos com absorção inferior a 10%. A análise de viabilidade econômica, com base nos preços médios da tabela SINAPI e considerando custos com cimento, agregados, energia, mão de obra e transporte em caçamba, demonstrou que os blocos com substituição parcial ou total por conchas são financeiramente competitivos em relação aos blocos convencionais. Assim, a reutilização das conchas de marisco se mostra uma solução ambientalmente responsável, economicamente viável e tecnicamente segura para o setor da construção civil, porém com todo o controle tecnológico e fiscalização adequada.

Palavras-chave: Bloco de concreto; pesca artesanal; resíduos; sustentabilidade; viabilidade econômica.

ABSTRACT

TELES, Isaac Pereira, M.Sc., Universidade Federal Rural de Pernambuco, February, 2025. **Use of bivalve mollusc shells: Use in the construction industry.** Adviser: Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda. Co-adviser: Prof. Dr. Lincoln Elói de Araújo.

Shellfish harvesting is the main source of income for many coastal communities and is a traditional practice that depends directly on environmental conservation for its continuity. One of the extraction sites in Pernambuco is Mangue Seco Beach, in the municipality of Igarassu, on the Santa Cruz Channel, whose biodiversity is mainly made up of the mollusc *Anomalocardia flexuosa*. This mollusc, when in its adult phase, has approximately 80% of its mass made up of shell and only 20% of meat, generating a large volume of waste after threshing. The improper disposal of these shells has caused significant environmental impacts, such as soil cover, loss of vegetation, deforestation, river silting, pollution and the proliferation of disease vectors. Based on a topographical survey, it was estimated that the piles of shells accumulated on the beach area correspond to 268.28 m³, equivalent to around 392 tons of waste. Given this scenario, this study assessed the technical and economic feasibility of incorporating seashells into the manufacture of concrete blocks (CB) for sealing masonry (9 × 19 × 39 cm), replacing sand and gravel with crushed shells. Reference blocks were produced (B0 - 0%), with 50% (B50) and 100% (B100) substitution, subjected to compressive strength tests, water absorption by immersion and capillarity, after 28 days of curing. In the immersion test, the blocks showed increasing absorption according to the level of substitution: B0 = 6.69%, B50 = 7.46% and B100 = 8.83%, all within the normative limits. In terms of capillarity, B0 showed greater initial absorption, followed by B50, while B100 retained less water in the first few hours, but matched B0 after 48 hours. In terms of compressive strength, all the blocks met the requirements for sealing masonry: B100 reached values above 3.00 MPa (Class C), and B50 between 4.00 and 8.00 MPa (Class B), both with absorption of less than 10%. The economic feasibility analysis, based on the average prices in the SINAPI table and taking into account the costs of cement, aggregates, energy, labor and transportation by bucket, showed that blocks with partial or total substitution by shells are financially competitive in relation to conventional blocks. Thus, the reuse of shellfish shells appears to be an environmentally responsible, economically viable and technically safe solution for the construction sector, but with all the technological control and proper supervision.

Keywords: Concrete block; artisanal fishing; waste; sustainability; economic viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma da estrutura da pesquisa.	24
Figura 2: Localização do município de Igarassu/PE.	25
Figura 3: A) Zoneamento da APA de Nova Cruz. B) Praia de Mangue Seco com maré baixa.	25
Figura 4: Fluxograma da busca de artigos.	26
Figura 5: Levantamento topográfico A) Estação total; B) GNSS RTK	27
Figura 6: Coleta das CM.	29
Figura 7: A) CM; B) CM triturada; C) CM moída.	29
Figura 8: A) Agitador de peneiras; B) CM equivalente à brita; C) CM equivalente à areia. ...	30
Figura 9: Frasco de Le Chatelier com querosene e cimento.	34
Figura 10: A) Massa específica da areia; B) Massa específica da CM.	35
Figura 11: Massa específica da brita e da CM.	37
Figura 12: Massa unitária da concha, brita e areia.	38
Figura 13: A) Agitador de peneiras; B) Brita; C) Areia.	39
Figura 14: A) Zona granulométrica da areia; B) Zona granulométrica da brita 0.	40
Figura 15: Produção dos blocos.	41
Figura 16: Secagem na estufa e saturação dos blocos.	42
Figura 17: Absorção por capilaridade.	43
Figura 18: Capeamento dos blocos e disposição na prensa.	44
Figura 19: Nuvem de palavras da amostragem utilizada.	47
Figura 20: Curva de nível e zonas de CM na praia de Mangue Seco.	50
Figura 21: Propriedades físico-químicas.	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Gráfico donut dos artigos encontrados.....	46
Gráfico 2: Produção científica ao longo dos anos.	48
Gráfico 3: Periódicos mais relevantes.	48
Gráfico 4: A) Curva granulométrica dos agregados miúdos; B) Granulometria da brita 0.....	57
Gráfico 5: <i>Boxplot</i> da absorção de água.	60
Gráfico 6: Diferenças de médias da absorção de água.	61
Gráfico 7: <i>Boxplot</i> da capilaridade dos blocos B0.	62
Gráfico 8: <i>Boxplot</i> da capilaridade dos blocos B0.	63
Gráfico 9: <i>Boxplot</i> da capilaridade dos blocos B50.	63
Gráfico 10: <i>Boxplot</i> da capilaridade dos blocos B100.	63
Gráfico 11: Diferenças de médias da absorção de água. A) 3horas; B) 6horas.	65
Gráfico 12: Evolução da resistência à compressão após 7 dias e 28 dias.	66
Gráfico 13: <i>Boxplot</i> da resistência à compressão após 7 dias.	67
Gráfico 14: <i>Boxplot</i> da resistência à compressão após 28 dias.	67
Gráfico 15: Diferenças de médias da resistência à compressão. A) 7 dias; B) 28 dias.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Requisitos para resistência característica à compressão e absorção.....	22
Quadro 2: Curva granulométrica da areia.....	55
Quadro 3: Curva granulométrica da brita 0.....	56
Quadro 4: Curva granulométrica da concha.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Traços de BC com resíduos.	22
Tabela 2: Traço corrigido.	31
Tabela 3: Conjunto amostral.....	32
Tabela 4: Quantitativo de materiais.	32
Tabela 5: Caracterização dos materiais.	33
Tabela 6: Composição de custo dos blocos.	45
Tabela 7: Indicador <i>Journal Impact Factor</i> dos periódicos.	49
Tabela 8: Detalhamento das aplicações e resíduos na área de construção civil.	49
Tabela 9: Volume dos montes de CM	51
Tabela 10: Massa específica do cimento.	52
Tabela 11: Massa específica da areia.	53
Tabela 12: Massa específica da CM.	53
Tabela 13: Massa específica da brita 0.	54
Tabela 14: Massa específica da CM.	54
Tabela 15: Massa unitária da areia.	54
Tabela 16: Massa unitária da brita 0.	55
Tabela 17: Massa unitária da concha.	55
Tabela 18: Faixa granulométrica para equivalência CM-agregados	57
Tabela 19: Tabela resumo da caracterização dos materiais.	58
Tabela 20: Resultados da análise dimensional dos blocos.	59
Tabela 21: Estatística descritiva da absorção de água por imersão.	59
Tabela 22: Análise de variância da absorção de água por imersão.	60
Tabela 23: Agrupamentos para absorção de água por imersão.	60
Tabela 24: Estatística descritiva da absorção de água por capilaridade.	61
Tabela 25: Análise de variância da absorção de água por capilaridade.	64
Tabela 26: Agrupamentos para absorção de água por capilaridade.	65
Tabela 27: Estatística descritiva da absorção de água por capilaridade.	66
Tabela 28: Análise de variância da resistência à compressão.	68
Tabela 29: Agrupamentos para resistência à compressão.	68
Tabela 30: Custo para produção de um bloco	69
Tabela 31: Potencial de produção mensal e anual.	70

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ANOVA	Análise de variância
APA	Área de Proteção Ambiental.
B0	Blocos com 0% de substituição.
B50	Blocos com 50% de substituição.
B100	Blocos com 100% de substituição.
BC	Bloco de concreto.
CaCO ₃	Carbonato de cálcio.
CaO	Óxido de cálcio.
CM	Concha de moluscos.
CP	Cimento Portland
ESG	<i>Environmental, Social and Governance.</i>
EVA	Etileno acetato de vinila.
GNSS	Sistemas Globais de Navegação por Satélite
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
MMA	Ministério do Meio Ambiente.
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura.
NBR	Norma Brasileira.
ODS	objetivos de desenvolvimento sustentável.
OIT	Organização Internacional do Trabalho.
ONU	Organização das Nações Unidas.
PE	Pernambuco.
PET	Polietileno tereftalato.
PNPCT	Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais.
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos.
PRISMA	Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises
RCC	Resíduo da construção civil.
RCD	Resíduo de construção e demolição.
RMR	Região Metropolitana do Recife.
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.
UC	Unidades de Conservação.
UNSTATS	United Nations Statistics Division.

LISTA DE SÍMBOLOS

Abs	Absorção de água.
h	Altura.
S	Área da seção transversal.
A	Área de carregamento.
Aliq	Área líquida.
F	Carga de ruptura.
cm ³	Centímetro cúbico.
ρ_s	Densidade.
g/cm ³	Grama por centímetro cúbico.
g/cm ²	Grama por centímetro quadrado.
g	Grama.
°C	Graus Celsius.
ρ_{sp}	Massa específica.
M	Massa.
MPa	Megapascal.
m ³	Metro cúbico.
mm	Milímetro.
N	Newton.
kg/m ³	Quilograma por metro cúbico.
kg	Quilograma.
F _{bk}	Resistência característica à compressão.
t	Toneladas.
V	Volume.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo geral	16
2.2. Objetivos específicos	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1. Sustentabilidade na Construção Civil	17
3.1.1 Economia circular	18
3.2. Resíduos de CM.....	19
3.3. Materiais Alternativos em Blocos de Concreto	21
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1. Caracterização da área de estudo	24
4.2. Levantamento de dados secundários.....	26
4.3. Volume de descarte de CM.....	26
4.3. Materiais	28
4.3.1. Resíduo	28
4.3.2. Aglomerante	30
4.3.3. Agregado miúdo	30
4.3.4. Agregado graúdo	30
4.4. Definição dos teores e descrição do conjunto amostral	31
4.5. Caracterização dos materiais	33
4.5.1. Massa específica	33
4.5.1.1. Aglomerante	33
4.5.1.2. Agregado miúdo	34
4.5.1.3. Agregado graúdo	35
4.5.2. Massa unitária.....	37
4.5.4. Composição granulométrica	38
4.6. Dosagem, moldagem e cura.....	40
4.8. Ensaio físicos.....	41
4.8.1. Análise dimensional.....	41
4.8.2. Absorção de água por imersão.....	41
4.8.3. Absorção de água por capilaridade.....	42
4.7. Ensaio mecânico	43
4.7.1. Resistência à compressão	43
4.9. Análise estatística	44

4.9.1. Estatística descritiva	44
4.9.2. Testes estatísticos.....	44
4.10. Viabilidade econômica	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1. Levantamento de dados secundários.....	46
5.2. Volume de descarte de CM.....	50
5.2. Caracterização dos materiais	52
5.2.1. Massa específica	52
5.2.1.1. Aglomerante	52
5.2.1.2. Agregado miúdo	53
5.2.1.3. Agregado graúdo	53
5.2.2. Massa unitária.....	54
5.2.3. Composição granulométrica	55
5.3. Ensaio físicos.....	58
5.3.1. Análise dimensional.....	58
5.3.2. Absorção de água por imersão.....	59
5.3.3. Absorção de água por capilaridade.....	61
5.4. Ensaio mecânico	66
5.4.1. Resistência à compressão	66
5.4. Viabilidade econômica	69
6. CONCLUSÕES	70
REFERÊNCIAS	72

1. INTRODUÇÃO

A mariscagem é uma prática de pesca artesanal extrativista, que consiste na captura de moluscos bivalves (Oliveira, 2016), praticada desde o período pré-histórico, em que as primeiras civilizações usavam os mariscos como fonte de alimento e moeda de troca (Monteles *et al.*, 2009). Geralmente é realizada por mulheres, chamadas marisqueiras, que podem utilizar ferramentas como balde, cesto ou rede (Mottola *et al.*, 2020). Essas profissionais dependem dos ciclos naturais (ciclos biológicos e recursos disponíveis) e fazem parte das interações entre o rio, o mar e a terra, possuindo o conhecimento adquirido e repassado por meio da vivência nessas áreas (Silveira *et al.*, 2013).

A comunidade pesqueira artesanal desenvolve suas habilidades e conhecimentos empíricos através das gerações passadas, em alguns casos fazendo uso de práticas sustentáveis para garantir a pesca das gerações futuras. No entanto, por vezes, os órgãos ambientais acabam sem utilizar esse conhecimento para construção dos planos de manejo na pesca, normas e outras diretrizes legais (Alves; Nishida, 2002). O Decreto nº 6.040/2007, que instituiu a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (PNPCT), define que essas comunidades se organizam de maneira particular, cada uma com suas individualidades, e necessitam dos recursos naturais presentes em cada ambiente para reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando as práticas e conhecimentos transmitidos tradicionalmente (Brasil, 2007).

As comunidades pesqueiras são autônomas e compostas por núcleos familiares, de organização social horizontal, em que as relações sociais são de forma lateral, através da oralidade e da prática diária, de baixo impacto ambiental e de baixa escala econômica, utilizada para sustento familiar e/ou comercial (Cidreira-Neto; Fragoso; Rodrigues, 2019).

A mariscagem é realizada nos bancos de areia (croas), que só podem ser acessados durante a maré baixa e cuja quantidade de mariscos pode variar de acordo com as estações do ano (período seco e chuvoso). Devido ao contato com essas áreas no decorrer do tempo, as marisqueiras possuem amplo conhecimento sobre os fatores ambientais pertinentes à essa prática, desde variações da maré, correntes aquáticas, temperatura e salinidade até condições biológicas e ecológicas dos mariscos (Souto; Martins, 2009).

As conchas de moluscos (CM) podem ser consideradas resíduos de mariscagem, sendo geralmente descartadas a partir dos restaurantes consumidores (Wang *et al.*, 2022) ou nos bancos de areia de extração dos mariscos (Sousa; Caldeira, 2024). As espécies mais cultivadas no Brasil são os mexilhões (*Perna perna*), as ostras (*Crassostrea gigas*) e as vieiras (*Nodipecten nodosus*) (Alves *et al.*, 2020). Dentre as espécies mais abundantes nos pólos de extrativismo

está a *Anomalocardia brasiliana* que, de acordo com alguns estudos, está em sinonímia com *A. flexuosa* (Sousa *et al.*, 2021), é um molusco bivalve da família Veneridae e é conhecida popularmente por marisco-pedra, vôngole, berbigão e búzio (Denadai *et al.*, 2006).

Em relação à gestão ambiental nas comunidades pesqueiras e marisqueiras, existem a gestão dos recursos naturais (áreas de proteção ambiental, manejo e monitoramento), os órgãos ambientais (associações/cooperativas, conselhos/fóruns, educação/capacitação), a regulamentação (normas ambientais e trabalhistas, apoio governamental, regularização do trabalho) e a gestão econômica (produto, infraestrutura de beneficiamento, renda). No entanto, alguns desafios são evidenciados, como falta de fiscalização, baixo investimento em infraestrutura, mudanças climáticas e impactos ambientais (Silva; Dantas, 2013).

No que diz respeito à gestão de resíduos sólidos, em âmbito nacional, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, cita diretrizes para manejo correto dos resíduos, preconiza a responsabilidade compartilhada entre governo, empresas e sociedade na gestão dos resíduos sólidos. Desse modo, todos tem um papel de contribuição na minimização dos impactos causados (Brasil, 2010). Na esfera estadual, há a Política Estadual de Resíduos Sólidos, Lei nº 14.236/2010, que dispõe sobre a gestão integrada dos resíduos e estabelece os princípios, objetivos e instrumentos considerando as especificidades locais (Pernambuco, 2010).

A Lei Federal nº 9.605/1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, determina que a coleta e comércio das conchas podem ser considerados crimes ambientais contra a fauna (Brasil, 1998). O Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) de vários países adotaram políticas que proíbem o comércio de conchas, corais e estrelas do mar para preservar a sustentabilidade do ambiente e proteger as espécies ameaçadas. Porém, essa prática pode causar impactos negativos nos aspectos sociais e econômicos das comunidades, já que são dependentes dessa atividade para subsistência (Riadi; Wahyudin; Arkham, 2018). Apesar das proibições, a atividade ilegal ainda continua a existir devido às falhas de fiscalizações, conciliada com a rede complexa do comércio ilegal composta por coletores, transportadores, intermediários e vendedores (Nijman, 2019).

Atualmente, não há regulamentações nas esferas federal, estadual ou municipal que tratem as CM como resíduos no que tange descarte/reaproveitamento. Porém, segundo a PNRS, essas podem ser classificadas como resíduos sólidos orgânicos, os quais podem ser reutilizados e reciclados com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduos destinados à aterros sanitários. Assim, podem ser reaproveitadas em várias aplicações, como construção civil, produção de

suplementos, rações para aves, corretivos de solo, fabricação de tintas, plásticos e até indústria farmacêutica (Fagundes; Silva, 2022).

Em relação ao aspecto econômico e industrial, a valorização das conchas está ligada à economia circular e sustentabilidade, já que sua composição é formada basicamente por carbonato de cálcio (CaCO_3) e está cada vez mais sendo reconhecida como um biomaterial em vez de resíduo. Assim, sua reutilização pode diminuir a necessidade de extração de calcário da natureza (Silva *et al.*, 2019).

Dessa forma, a pesquisa corrobora pela necessidade de novas alternativas sustentáveis para o reaproveitamento desse resíduo seguindo os princípios da economia circular e da sustentabilidade na construção civil. Com a substituição dos agregados naturais (brita e areia) pelas conchas trituradas para fabricação de blocos de concreto (BC), há um potencial de redução da extração de recursos naturais e redução dos impactos ambientais, promovendo benefícios socioeconômicos por meio da coleta e processamento das conchas como uma nova fonte de renda para os marisqueiros e fortalecendo a conscientização sobre o reaproveitamento de resíduos, estimulando políticas públicas voltadas à gestão sustentável.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é o aproveitamento dos resíduos das CM descartados por pescadores do litoral do Estado de Pernambuco, na produção de BC para uso na construção civil.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar os impactos ambientais da atividade marisqueira que geram os resíduos, conchas bivalves de marisco, no município de Igarassu-PE;
- Quantificar o volume anual de descartes (resíduos) de conchas pela atividade de mariscagem no município de Igarassu-PE;
- Avaliar o desempenho do agregado artificial a ser desenvolvido pela trituração das conchas de marisco como agregado na produção de blocos de cimento para alvenaria de vedação;
- Quantificar a redução do uso do recurso natural não renovável, a partir da substituição parcial pelo agregado artificial de conchas trituradas;
- Analisar a viabilidade econômica do processo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Sustentabilidade na Construção Civil

A ideia bastante difundida de *triple bottom line*, que incorpora as dimensões social, econômica e ambiental, começou a ser idealizada em 1997 (Elkington, 1997). Embora hoje a *triple bottom line* seja amplamente abordada, existem outras dimensões que definem e avaliam a sustentabilidade, por exemplo (Foxon *et al.*, 1999) definiram quatro dimensões (econômica, ecológica, social e técnica), Hellström; Jeppsson; Kärrman (2000) estabeleceram uma categoria de seis dimensões (saúde e higiene, social e cultural, ambiental, econômica, funcional e técnica), Balkema *et al.* (2002) estabeleceram a seguinte categorização (econômica, ambiental, técnica, social e cultural). Venkatesh *et al.* (2017) estabeleceram a abordagem do tripé, mas adicionaram duas dimensões (ativos e governança), que coexistem na interseção das três abordagens básicas do tripé. No entanto, é importante ressaltar que, atualmente a literatura existente não teve contribuição significativa no tipo de classificação e na abordagem, o *triple bottom line* básico obteve uma concordância como uma classificação simples, objetiva e abrangente para a avaliação da sustentabilidade. Para avaliar e mensurar o desempenho de uma organização em relação à sustentabilidade, pode ser utilizada a ferramenta ESG - *Environmental, Social and Governance* (ambiental, social e governança).

A construção sustentável é um conceito multidimensional (Ding, 2008). Existem argumentos de que não existe “projeto sustentável”, porém todo o setor deve estar engajado no desenvolvimento de soluções sustentáveis (Landman, 1999). Foram definidos alguns objetivos para garantir a sustentabilidade no setor da construção: 1- minimizar o consumo de recursos; 2- maximizar a reutilização de recursos; 3- usar materiais renováveis e recicláveis; 4- proteger o ambiente natural; 5- criar um ambiente saudável e não tóxico; e 6- melhorar a qualidade do ambiente construído (Khalfan, 2001). no entanto, esse conceito é falho, já que aborda apenas a natureza ambiental do problema (Cruz; Gaspar; Brito, 2019).

Com isso, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), esses objetivos definem de maneira mais precisa do que é sustentabilidade, configurando um modelo normativo que visa moldar a realidade em vez de apenas descrevê-la, é quantificável por meio de metas específicas e indicadores mensuráveis (UNSTATS, 2023). Dessa maneira, para alcançar a sustentabilidade é preciso considerar as consequências em diversos aspectos ambientais, sociais e econômicos: pobreza, fome, saúde e bem-estar, educação, igualdade de gênero, água potável e saneamento, energia limpa e acessível, trabalho decente e crescimento econômico, indústria, inovação e infraestrutura, redução das desigualdades, cidades e comunidades, consumo e produção responsáveis, ação

climática, vida debaixo d'água, vida na terra, paz, justiça, bem como instituições e parcerias fortes para alcançar os ODSs (Gonçalves; Machado, 2023).

Entre os ODS mais relevantes para o setor de construção, estão o ODS 6 (água potável e saneamento), o ODS 9 (indústria, inovação e infraestrutura), o ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis) e o ODS 12 (consumo e produção sustentáveis), o ODS 8 (crescimento econômico e trabalho decente) não pode ser excluído. A Organização Internacional do Trabalho (OIT) define o trabalho decente como aquele que assegura produtividade, remuneração justa, condições seguras, proteção social, possibilidades de crescimento pessoal e inclusão social, além de garantir liberdade de expressão, direito à organização, participação nas decisões e igualdade de oportunidades e de tratamento (OIT, 2024). O Objetivo 8 é concretizado por meio de metas e indicadores que abordam questões sociais fundamentais, como a participação em empregos formais, os níveis salariais, a taxa de desemprego, a proporção de jovens fora do sistema educacional, do mercado de trabalho ou de programas de capacitação, a incidência de acidentes ocupacionais e o grau de cumprimento dos direitos trabalhistas internacionais (Gonçalves; Machado, 2023).

3.1.1 Economia circular

A economia circular é definida como um sistema regenerativo que busca minimizar o consumo de recursos, a geração de resíduos, as emissões e a dispersão de energia, por meio da desaceleração, fechamento e otimização dos fluxos de materiais e energia (Geissdoerfer *et al.*, 2017). Em relação ao setor da construção, a construção circular pode ser descrita como “um sistema econômico multidimensional e dinâmico para a construção, baseado na aplicação dos princípios da economia circular” (Ossio; Salinas; Hernández, 2023). Contudo, o que distingue essa abordagem de outras estratégias é sua proposta de valor, que transcende as preocupações ambientais, agregando valor econômico e impulsionando a competitividade empresarial (Cairns; Ogden; McFatrige, 2018).

Seus princípios básicos possibilitam um aproveitamento ideal e reaproveitamento sistemático de produtos industrializados, bens duráveis e não-duráveis, desde a etapa de elaboração do projeto, até após sua reutilização (ciclo de vida útil) (Abdalla; Freire Sampaio, 2018). Uma das estratégias mais utilizadas são os 3Rs, redução, reutilização e reciclagem, o setor de construção é responsável por grande parte do consumo de recursos naturais e geração de resíduos, a economia circular propõe minimizar esses impactos por meio da redução do uso de materiais, reutilização de componentes e reciclagem de resíduos, especialmente de

demolição e construção (Oliveira; Schreiber; Jahno, 2024), aliado a isso, a construção civil também pode ser fonte de reciclagem de outros resíduos.

Outra estratégia adotada é o *design* de circularidade, consiste em desenvolver produtos com maior durabilidade, possibilidade de reparo, reuso, remanufatura e reciclagem, facilitando a reintegração dos materiais nos processos produtivos (Timm; Maciel; Passuello, 2023). A economia circular configura-se como um modelo que estimula a criação de novas oportunidades de negócios, incentiva o trabalho colaborativo, promove o crescimento do capital e introduz alternativas para as transações e relações empresariais, impactando as responsabilidades e a distribuição dos lucros entre as organizações (MONTEIRO, 2018).

3.2. Resíduos de CM

O manguezal é considerado um ecossistema costeiro que é predominante nas regiões tropicais e subtropicais, representa a transição do ambiente aquático para o terrestre e está sujeito às condições das marés. Presente principalmente no litoral da Floresta Amazônica e da Mata Atlântica, há registros de que esse ecossistema foi habitado pelos indígenas desde antes da colonização, utilizado como fonte de subsistência, como atestam os sambaquis (pilhas de CM, ossos de peixes, restos de outros animais e outros materiais orgânicos) (Schaeffer-Novelli, 1995). Devido ao contato direto do manguezal com o mar e ao fato de atuar como um filtro, já que pode ser composto por areia e vegetação de raízes aéreas, esse ecossistema acumula muita matéria orgânica que estava presente nas águas, como restos de folhas, excrementos de animais e sais minerais da própria terra pela força da maré, favorecendo a crescente biológica (Schaeffer-Novelli, 1991).

A fauna presente nos manguezais é bastante diversificada e o Brasil possui, em média, 59 espécies de crustáceos, 33 espécies de moluscos, 185 espécies de aves e 86 espécies de peixes (Aveline, 1980). Dentre as espécies de moluscos mais abundantes em Pernambuco está a *Anomalocardia flexuosa*, que também se destaca socialmente e economicamente, sendo fonte de subsistência para várias comunidades litorâneas que sobrevivem da comercialização e consumo próprio. Um dos principais pontos de captura da *A. flexuosa* no estado são em Igarassu e Goiana. Em Igarassu, o principal local de extração é no distrito Mangue Seco, que além da alta produção tem a proximidade com a Região Metropolitana do Recife (RMR), facilitando o comércio. Alguns estudos estão sendo levantados nesta localidade devido à falta de controle da pesca, que levam à captura desordenada e ocasionam na superexploração, aumentando a necessidade de investigar o comportamento dessa área e mitigar os impactos (Lima; Andrade, 2018).

Dentre os principais impactos observados está a geração de resíduos de conchas, que podem ter alguns resíduos orgânicos e sedimentos marinhos se fixando às suas superfícies, ocasionando em odores desagradáveis e no comprometimento da qualidade de água (Choi *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2013). A geração desses resíduos pode ser bastante exacerbada, visto que a partir de 1.000g de marisco são produzidos cerca de 400g-700g de resíduo e somente 300g-600g são consumidos (Wang; Liu, 2020). Uma análise realizada em Igarassu em 2019 obteve-se que aproximadamente 75% da massa dos mariscos in-natura corresponde às conchas, 10% corresponde à carne e o restante foi perdido na evaporação durante o processo de cozimento (Cunha, 2020). Em 2020, a produção de moluscos alcançou 17,7 milhões de toneladas em todo o mundo, excluindo as conchas e pérolas, em que a China produziu 15 milhões t, a Coreia do Sul 415 mil t, o Chile 406 mil t, o Japão 310 mil t, o Vietnã 211 mil t, a Espanha 207 mil t, Estados Unidos 182 mil t, França 144 mil t, Tailândia 119 mil t e Nova Zelândia 103 mil t. Desse total, 30,7% são ostras (*Crassostrea spp.*), 24% são amêijoas (*Ruditapes philippinarum*) e 9,8% são vieiras (FAO, 2022).

As espécies mais cultivadas no Brasil, são os mexilhões (*Perna perna*), as ostras (*Crassostrea gigas*), e as vieiras (*Nodipecten nodosus*), anualmente, são produzidos 16 mil t de mexilhões, que estão localizados nas regiões costeiras de Santa Catarina, onde representa 95% da produção total, seguido por São Paulo e Rio de Janeiro, entre outros estados produtores que se destacam pela mariscagem extrativista (Alves *et al.*, 2020).

As CM são compostas principalmente (aproximadamente 96%) por CaCO_3 (Alvarenga *et al.*, 2012). O processo de reciclagem tem sido amplamente estudado como fonte de CaCO_3 ou óxido de cálcio (CaO) (Ngii *et al.*, 2020; Umoh; Ujene, 2015). Resíduos de CM foram utilizados no século XV na América Latina como matéria-prima para a fabricação de concreto (Sickels-Taves; Sheehan, 1999). Alguns estudos apontaram que 9% dos resíduos globais de CM são reciclados como substituto para calcário em fertilizantes e aditivos alimentares na avicultura (Asaoka *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2008). Existem estudos de pesquisa que analisaram o uso de CaCO_3 e CaO como adsorventes em águas poluídas (Bozbaş; Boz, 2016; Wu *et al.*, 2014), como catalisadores na produção de biodiesel (Kaewdaeng; Sintuya; Nirunsin, 2017; Boro; Thakur; Deka, 2011) e como agentes de preenchimento em polímeros (Norazlina; Fahmi; Hafizuddin, 2015; Zhang *et al.*, 2011). No setor da construção, os resíduos de CM têm sido estudados para uso como agregados finos e/ou grosseiros em concretos e argamassas (Zhang *et al.*, 2020; Martínez-García *et al.*, 2017), como substituto de cimento (Tayeh *et al.*, 2020; Soltanzadeh *et al.*, 2018), como matéria-prima para clínquer de cimento (Her *et al.*, 2021; Rodríguez-Galán *et al.*, 2019) e como blocos de cimento (Chiou; Chen; Li, 2014). Em altas

temperaturas (600 °C e 800 °C), o CaCO_3 sofre decomposição endotérmica liberando dióxido de carbono (CO_2) no ambiente e resultando em CaO , esse produto é aplicado em cimentos e argamassas (Liao et al., 2023).

Os ODSs relacionados com a mariscagem e as conchas são o ODS 1 (erradicação da pobreza), ODS 2 (fome zero e agricultura sustentável) – contribui para segurança alimentar e subsistência da comunidade marisqueira – ODS 5 (igualdade de gênero), ODS 8 (trabalho decente e crescimento econômico) – busca independência financeira para as marisqueiras, junto com condições dignas de trabalho e regulamentação justa – ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis), ODS 12 (consumo e produção responsável) – incentiva a mariscagem sustentável, evitando sobre-exploração dos recursos e reduzir descartes inadequados – ODS 13 (ação contra a mudança global do clima), ODS 14 (vida na água), e ODS 15 (vida terrestre) – reduzir a necessidade de extração de recursos naturais (calcário, areia e brita), preservar o ecossistema marinho, áreas costeiras e manguezais.

3.3. Materiais Alternativos em Blocos de Concreto

A indústria da construção civil é reconhecida como um dos principais geradores de empregos e renda, no entanto, do ponto de vista ambiental, seu impacto é significativo em termos de escala e magnitude. Globalmente, é responsável pelo consumo expressivo de 12% da água doce disponível no planeta. Especificamente, a indústria do cimento desempenha um papel considerável, contribuindo com 5% das emissões totais de gases de efeito estufa e consumindo aproximadamente 33% da energia elétrica produzida. Vale ressaltar que a construção civil é responsável por uma parcela substancial dos resíduos urbanos, contribuindo com 40% do total gerado nas cidades (PNUD, 2012).

O bloco de concreto (BC) é uma unidade de alvenaria composta por uma mistura homogênea, geralmente contendo cimento Portland, agregado miúdo, agregado graúdo, água e aditivos (quando necessário). Sua moldagem ocorre por meio de vibração e prensagem simultâneas ou manualmente (ABNT - NBR 6136, 2016). Os insumos são cuidadosamente dosados para produzir um "concreto seco" destinado à fabricação de BC para alvenaria estrutural e de vedação. Existem classificações com base no uso, considerando requisitos mínimos de resistência característica à compressão (F_{bk}) e percentuais de absorção de água (Quadro 1).

Quadro 1: Requisitos para resistência característica à compressão e absorção.

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial ^a (MPa)	Absorção (%)				Retração ^d (%)
			Agregado normal ^b		Agregado leve ^c		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$fbk \geq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 8,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq fbk < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 9,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$fbk \geq 3,0$	$\leq 11,0$	$\leq 10,0$			

^a Resistência característica à compressão axial obtida aos 28 dias.
^b Blocos fabricados com agregado normal (ver definição na ABNT NBR 9935).
^c Blocos fabricados com agregado leve (ver definição na ABNT NBR 9935).
^d Ensaio facultativo.

Fonte: ABNT - NBR 6136 (2016).

Atualmente as pesquisas têm se concentrado na incorporação de resíduos nas misturas destinadas à fabricação de BC, não apenas para aprimorar suas propriedades físicas, mecânicas e térmicas, mas também para produzir materiais mais sustentáveis que contribuam para a redução da considerável quantidade de resíduos sólidos gerados. Dentre os resíduos utilizados na produção de BC, destacam-se resíduos de agregados reciclados de resíduo da construção civil (RCC, que são todos os resíduos, incluindo os materiais excedentes, já RCD- resíduo de construção e demolição está relacionado à geração de entulho, geralmente são concreto, tijolo, argamassa e cerâmica) (Mesquita *et al.*, 2015), resíduos gerados pelos próprios BC (Gomes *et al.*, 2017), borracha de pneu e PET (polietileno tereftalato) (Barreto *et al.*, 2019; Rocha *et al.*, 2013), vidro e material isolante (Gorski *et al.*, 2019), resíduos minerais provenientes de lodo de Estação de Tratamento de Água (Almeida; Anacleto; Costa, 2017), resíduos poliméricos como EVA (etileno acetato de vinila), granito, escória de aciaria, areia de fundição e resíduos orgânicos provenientes do desdobro de toras de *Pinus spp.*, serragem, casca de arroz e papel reciclado (Prazeres, 2018; Lima; Iwakiri, 2014).

Tabela 1: Traços de BC com resíduos.

Resíduo utilizado	Substituição	Função	Traço	Materiais	Autor
Cinza de casca de arroz	Aglomerante	Estrutural	Traço em massa (1: 5,2: 1,6: 1,2: 0,1)	(Cimento CPIV e CPV: areia média: areia fina: brita: aditivo)	Padilha; Paliga; Torres (2019)
Borracha de pneu e metacaulim	Agregado miúdo e aglomerante	Estrutural	Traço em volume (1: 4,95: 0,68: 0,629)	(Cimento CPV: areia: brita: água)	Fioriti et al. (2020)
RCD e caulim	Agregado graúdo e miúdo	Vedação	Traço em volume (1: 4: 2: 0,55)	(Cimento CPV: pó de pedra: brita: água)	Bastos et al. (2021)

RCC	Agregado miúdo	Vedação	Traço em massa (1: 10,58: 3,74: 4,87: 1,41)	(Cimento CPV: areia: brita 0: pó de pedra: água)	Scheifer; Callejas (2021)
Escória de aciaria	Agregado graúdo e miúdo	Vedação	Traço em volume (1: 3,29: 2,38: 7,29: 1,25)	(Cimento CPV: pedrisco: areia: pó de pedra: água)	Benitez et al. (2022)
Fibras de quartzito e fibras de coco	Agregado graúdo e miúdo	Estrutural	Traço em percentual (8,2%: 45,9%: 45,9%: 8,8%)	(Cimento CPV: areia: brita: água)	Terra et al. (2023)
PET	Agregado miúdo	Estrutural	Traço em massa (1:1,66:1,66:0,66)	(Cimento CPIII: areia: pó de pedra: brita 0: água)	Mendonça et al. (2023)
RM	Agregado graúdo e miúdo	Vedação	Traço em massa (1:4:2:0,55)	(Cimento CPII: areia: brita 0: água)	Autor

Fonte: Autor.

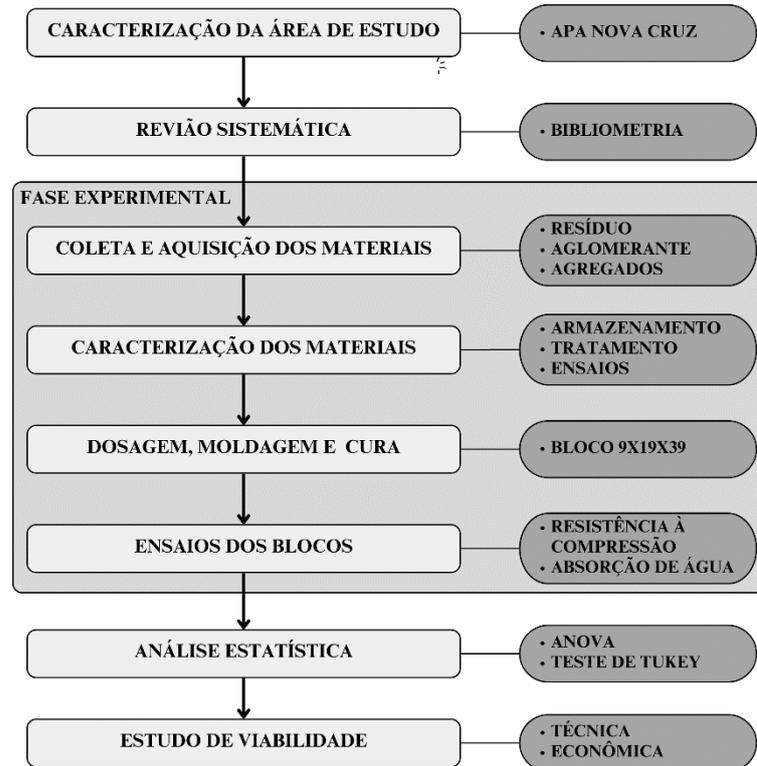
4. MATERIAL E MÉTODOS

A estrutura da pesquisa foi composta pelo levantamento de dados acerca do objeto de estudo, em sequência, a descrição dos materiais utilizados e da fase experimental (Figura 1). Sendo o primeiro tópico a caracterização da área de estudo (4.1), seguido da revisão sistêmica qualiquantitativa, por meio do levantamento de dados secundários (4.2), o que auxiliou no mapeamento dos autores, fontes e países com maior relevância e levantar estudos recentes sobre a aplicação de CM na construção civil.

A fase experimental iniciou com a coleta e aquisição dos materiais, onde foram definidos os materiais utilizados, o quantitativo de corpos de prova do conjunto amostral e os percentuais de substituição (4.3 e 4.4), os materiais foram submetidos aos ensaios de caracterização (4.5), sendo necessários para dosagem, moldagem e cura dos blocos (4.6).

Após fabricação dos blocos e tempo de cura, foram submetidos aos ensaios de resistência e absorção de água (4.7), os dados foram analisados estatisticamente (4.8) e seguido pelo estudo de viabilidade econômica (4.9).

Figura 1: Fluxograma da estrutura da pesquisa.



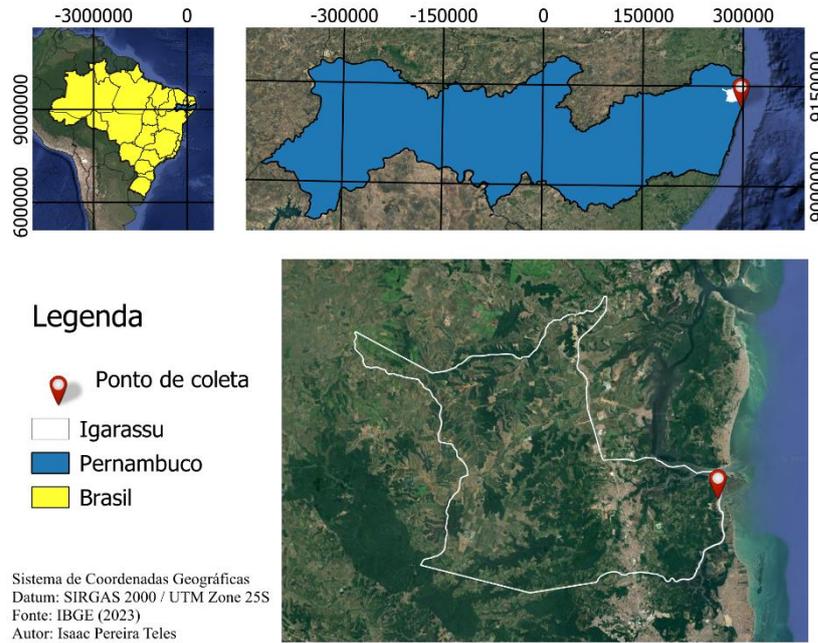
Fonte: Autor.

4.1. Caracterização da área de estudo

O estuário está localizado na Área de Proteção Ambiental de Nova Cruz (APA Nova Cruz - Figura 2), criada conforme a Lei Federal nº 9.985/2000 (Brasil, 2000), que estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) para a implementação e gestão de Unidades de Conservação (UC). Essas UCs são áreas naturais significativas definidas por seu território e recursos ambientais, instituídas com o objetivo de conservação e delimitação territorial, sob administração do poder público. A delimitação da APA foi determinada pelo Decreto nº 113/2004 (Igarassu, 2004), exercendo influência direta e indireta sobre a viabilidade das atividades extrativistas nas regiões de manguezal, garantindo a preservação dessa atividade econômica e sua utilização para subsistência.

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Igarassu-PE (Figura 2), localizada na Região Metropolitana do Recife (RMR) ocupando área de 306.879km² (IBGE, 2022), onde as conchas são provenientes do distrito Mangue Seco ou Praia do Capitão, relativo ao Canal de Santa Cruz que compreende os municípios de Goiana, Ilha de Itamaracá, Igarassu e Itapissuma e que pertence a uma APA.

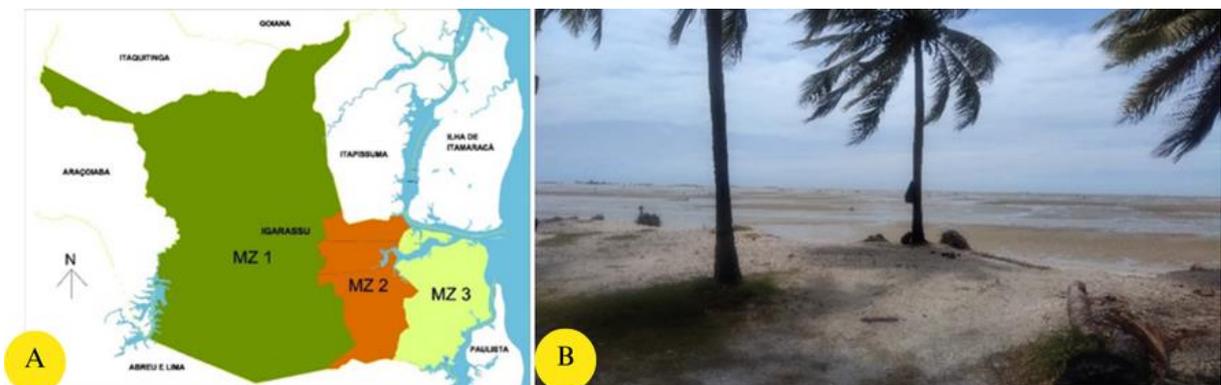
Figura 2: Localização do município de Igarassu/PE.



Fonte: Autor.

Com base na Lei Estadual nº 13.787/2009 (Pernambuco, 2009), que tem como objetivo contribuir para a conservação, preservação e recuperação da diversidade biológica e dos recursos naturais, incluindo as águas jurisdicionais, e na Lei Municipal nº 2.466/2003 (Igarassu, 2003), que estabelece o plano diretor de Igarassu-PE, a Macrozona Especial de Proteção Ambiental APA Nova Cruz – MZ3 (Figura 3) abrange a extensa área localizada na parte leste do município. Limitando-se a oeste com a Macrozona de Igarassu Sede e Cruz de Rebouças – MZ2, que representa a zona urbana da cidade de Igarassu, ao norte faz divisa com o município de Itapissuma e a Ilha de Itamaracá, através do Canal de Santa Cruz. A leste, é delimitada pelo Oceano Atlântico e pelo município de Paulista, através do Rio Timbó e sua foz, enquanto ao sul faz fronteira com o município de Abreu e Lima.

Figura 3: A) Zoneamento da APA de Nova Cruz. B) Praia de Mangue Seco com maré baixa.

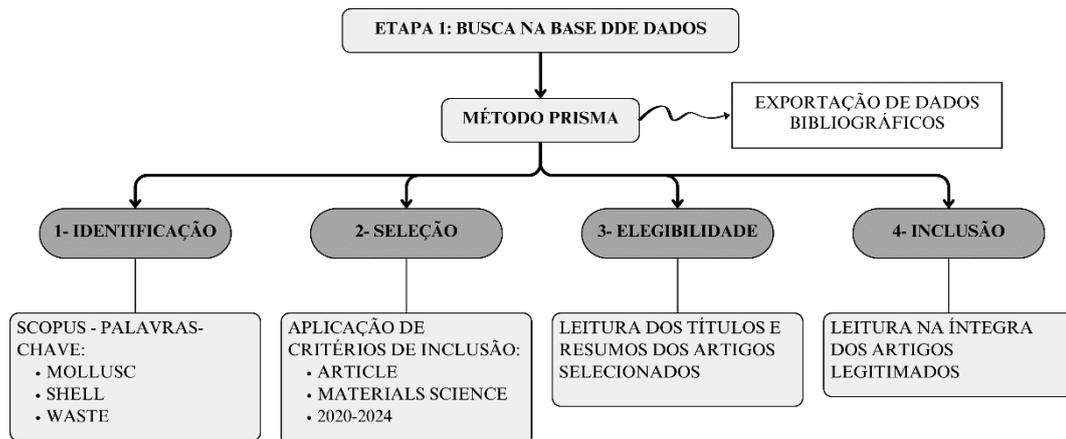


Fonte: A) (Igarassu, 2004). B) Autor.

4.2. Levantamento de dados secundários

A revisão sistemática combina métodos quantitativos e qualitativos para examinar a literatura e realizar análises bibliométricas com objetivo de validar o estudo (Galvão; Ricarte, 2019). O estudo foi feito em três fases, a primeira – busca dos artigos na base de dados – foi utilizada a metodologia dos Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA), que possui quatro etapas: 1- Identificação, 2- Seleção, 3- Elegibilidade e 4- Inclusão (Figura 4) (Moher *et al.*, 2010).

Figura 4: Fluxograma da busca de artigos.



Fonte: Adaptado (Moher *et al.*, 2010).

Foi selecionada apenas a base de dados Scopus, os indicadores foram definidos com base em pesquisa exploratória não estruturada, essa pesquisa inicial teve função de preparação para a revisão bibliográfica, foi possível obter conhecimento prévio sobre a mariscagem, resíduos, conchas e utilização delas na construção civil e em outras áreas.

A metodologia PRISMA foi realizada em março de 2024, em que foi definido os termos de busca pertinentes ao tema pesquisado: *mollusc*, *shell* e *waste* (molusco, concha e desperdício, em português) combinados com o operador booleano “AND”, dado a grande quantidade de artigos encontrados, a busca foi refinada com aplicação de filtros, visando a seleção dos artigos relacionados ao reaproveitamento das conchas, esse objetivo está relacionado com a investigação de novas alternativas sustentáveis para esse resíduo, assim foi selecionada somente a área temática de *materials science* (devido à busca de trabalhos contendo aplicação das conchas no desenvolvimento de materiais), com filtro de artigos científicos (excluindo anais de congressos, revisões e capítulos de livros) e publicações entre jan/2020 – mar/2024.

4.3. Volume de descarte de CM

Durante o mês de maio de 2024, foram realizadas visitas de campo com o objetivo de executar o levantamento topográfico. Para isso, foram coletados pontos nos diferentes níveis dos montes de conchas — base, meio e topo —, bem como em áreas do terreno natural da praia, com a finalidade de compreender a declividade do local. Adicionalmente, estabeleceram-se pontos de controle, conhecidos como benchmarks, assegurando a consistência e compatibilidade entre os dois métodos de levantamento topográfico utilizados.

Para mensurar a declividade dos montes de conchas in loco, foi realizado um levantamento planialtimétrico utilizando dois Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) da marca Emlid — o Reach RS2 RTK e o Reach RS+ — operados via conexão Wi-Fi por meio do aplicativo Emlid Flow (metodologia 1). Complementarmente, foi empregada uma segunda metodologia utilizando uma Estação Total (marca PENTAX, modelo R-425VN reflectorless), com o suporte de um prisma refletor, responsável por devolver o sinal à estação. A adoção de ambas as metodologias se deve à dificuldades encontradas em campo, relacionadas à perda de comunicação entre os equipamentos GNSS base e rover, causadas pela distância entre eles.

Na aplicação do GNSS, o equipamento Reach RS2 RTK foi configurado como estação base (fixa), enquanto o Reach RS+ atuou como estação rover (móvel), operada manualmente em deslocamento pelo terreno. Ambos os dispositivos foram posicionados a uma altura de 1,60 metros, e cada ponto foi registrado com um tempo de captação de três segundos (Figura 5). Na segunda metodologia, a Estação Total foi posicionada em três locais distintos (estacas 1, 2 e 3), sendo realocada conforme surgiam obstáculos visuais, principalmente vegetação como coqueiros, que dificultavam a visada direta ao prisma. Ressalta-se que tanto a estação base quanto a Estação Total foram montadas sobre tripés para garantir a estabilidade dos equipamentos durante a coleta de dados.

Figura 5: Levantamento topográfico A) Estação total; B) GNSS RTK



Fonte: Autor.

Após a realização do levantamento topográfico, os dados obtidos em campo — incluindo latitude, longitude e altitude — foram organizados em formato tabular e transferidos para o computador. Em seguida, foram processados em um software acadêmico gratuito de modelagem e desenho. A geração dos desenhos topográficos e o cálculo dos volumes foram realizados com escala de 1:500, adotando-se intervalos altimétricos de 0,20 metros entre as curvas de nível.

A representação dos dados topográficos realizou-se por meio de curvas de nível — ligando os diferentes pontos que possuem a mesma altura dentro da área levantada. Para facilitar o cálculo do volume foi feito um zoneamento dos montes dispostos na área da praia, visto que resultava em três pontos principais de descarte. Além da análise topográfica para mapeamento do volume de descarte das conchas de marisco geradas em 2024, esses dados foram comparados com a prática realizada em 2020 (Cunha, 2020) no mesmo local (praia de Mangue Seco).

A quantidade de conchas acumuladas ao longo do tempo — especialmente em períodos em que não há coleta regular pela prefeitura — pode servir como um indicativo indireto da produção realizada pelas marisqueiras. Considerando que a prefeitura realiza a remoção desses resíduos aproximadamente a cada dois meses, o volume acumulado entre uma coleta e outra reflete a produtividade coletiva do grupo de marisqueiros no intervalo. A partir de estimativas empíricas baseadas em observações locais, entrevistas com as marisqueiras e análise do volume total levantado, é possível deduzir a média mensal de produção por pessoa. Supondo que as conchas representem um subproduto direto da extração da carne de marisco, e considerando a densidade das conchas, pode-se estimar o número de marisqueiras atuantes, mesmo que de forma intermitente, e sua produtividade média, o que contribui para compreender o impacto socioeconômico e ambiental da atividade.

4.3. Materiais

Este tópico descreve os materiais utilizados na pesquisa, incluindo obtenção, armazenamento e tratamento, quando aplicável e, inicia-se a fase experimental. Para fabricação dos blocos foi utilizado o aglomerante Cimento Portland do tipo CP II-F-32, agregados naturais que foram areia lavada grossa e brita granulítica nº0 (também conhecida como brita nº12) e o agregado artificial CM. A água utilizada foi proveniente do abastecimento público da cidade do Recife.

4.3.1. Resíduo

As CM foram coletadas no próprio local de destinação na praia de Mangue Seco (Figura 6), onde os marisqueiros realizam o processo de beneficiamento e coleta da carne, que consiste na fervura e batimento dos mariscos, as conchas foram armazenadas em sacos e baldes plásticos para transporte e armazenamento no laboratório.

Figura 6: Coleta das CM.



Fonte: Autor.

Para manter as características originais do resíduo, as CM ficaram armazenadas em local seguro, sempre com os sacos devidamente lacrados e baldes com tampas seguras no Laboratório de Materiais e Construções Sustentáveis da UFRPE - Campus Dois Irmãos.

Passaram por secagem em estufa à temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$ durante 24h, devido umidade acumulada nas cavidades, após isso foram trituradas em triturador forrageiro devidamente limpo e com recipiente de espera para evitar contaminação, ao final desse processo as conchas trituradas estavam com dimensões equivalentes aos agregados graúdos, então para se obter o material equivalente com agregado miúdo foi necessário moagem em moinho de facas (Figura 7), esse tratamento foi realizado no Laboratório de Pequenos Ruminantes (Departamento de Zootecnia da UFRPE).

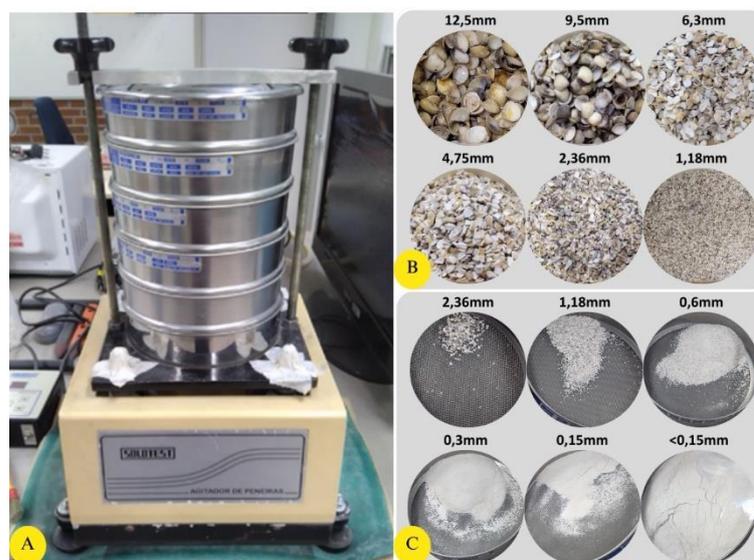
Figura 7: A) CM; B) CM triturada; C) CM moída.



Fonte: Autor.

Após processo de quebra das conchas, foi necessário peneiramento para simular o tamanho dos grãos dos agregados naturais, a partir do ensaio de composição granulométrica foi possível identificar a quantidade de material retida em cada peneira, no Laboratório de Materiais e Construções Sustentáveis foi utilizado agitador de peneiras e serie de peneiras (Figura 8), o processo foi realizado conforme a norma ABNT NBR 17054 - Agregados — Determinação da composição granulométrica — Método de ensaio (ABNT - NBR 17054, 2022).

Figura 8: A) Agitador de peneiras; B) CM equivalente à brita; C) CM equivalente à areia.



Fonte: Autor.

4.3.2. Aglomerante

O cimento utilizado foi o cimento Portland do tipo II-F, Classe 32, fabricado pela CSN Cimentos Montes Claros, atendendo as especificações físicas, químicas e mecânicas do aglomerante pela ABNT NBR 16697/2018: Cimento Portland – Requisitos. Estocado em local seco, protegido de intempéries para que o produto não possa causar alterações na água de chuva ou outras fontes de água, manteve-se em recipientes bem fechados e protegidos de danos, manuseado com cuidado evitando o rompimento das embalagens.

4.3.3. Agregado miúdo

O agregado miúdo utilizado nesta pesquisa foi uma areia lavada de rio, também conhecida como areia natural, areia de granulometria grossa, fornecida a granel, armazenada em local seco, com piso cimentado e coberta com lona.

4.3.4. Agregado graúdo

O agregado graúdo utilizado nesta pesquisa foi uma brita proveniente do britamento de rochas, também conhecida como pedrisco por conta da granulometria, classificada entre 4,75mm à 12,5mm, chamada brita 0 ou brita 12 pela nomenclatura antiga, fornecida a granel, armazenada em local seco, com piso cimentado e coberta com lona.

4.4. Definição dos teores e descrição do conjunto amostral

Os blocos foram produzidos sob o traço em massa de 1:4:2:0,55 (cimento, areia, brita e água), baseado nos traços mais usuais nas indústrias e pesquisas com blocos para alvenaria (Mendonça et al., 2023; Terra et al., 2023; Benitez et al., 2022; Bastos et al., 2021; Scheifer; Callejas, 2021; Fioriti et al., 2020; Padilha; Paliga; Torres, 2019). As famílias dos traços foram denominadas conforme o percentual de substituição por conchas: B0 (sem CM), B50 (50% de CM e 50% agregados naturais) e B100 (100% CM), A substituição dos agregados naturais por CM foi realizada com base no volume dos blocos (50% e 100% de ocupação na mistura). No entanto, para controle da dosagem, a equivalência foi convertida para massa, uma vez que os materiais possuem densidades distintas — as CM apresentam massa específica superior ($2,63\text{g/cm}^3$) à da areia ($2,59\text{g/cm}^3$) e brita ($2,54\text{g/cm}^3$). Foi utilizada essa conversão para assegurar a proporção correta de substituição, mantendo a trabalhabilidade da mistura e a resistência dos blocos. (Guimarães *et al.*, 2024).

Primeiramente foi realizado um teste com traço em massa 1:3:3:0,55, porém o resultado foi uma mistura com pouca trabalhabilidade, o que dificultou a compactação e moldagem dos blocos, no entanto, de maneira empírica e baseado nas pesquisas já desenvolvidas foi definido o traço final sendo 1:4:2:0,55 (Tabela 2). Em relação aos teores de substituição, os agregados graúdos só eram substituídos em até 10% para aumentar a resistência à compressão, especialmente com a utilização de aditivos (Tahir *et al.*, 2024; Tilik *et al.*, 2022) e, quando acima de 10% reduziu a resistência (Ngii *et al.*, 2020). Já os agregados miúdos se mantêm com boa resistência em até 20% (Boudjellal; Bouabaz; Bensebti, 2020; Yang *et al.*, 2010), com isso um dos maiores desafios dessa pesquisa foi fabricar os blocos com os teores desejados.

Tabela 2: Traço corrigido.

Traço	Teor	Traço unitário em massa					
		Cimento	Agregado miúdo		Agregado graúdo		Água/ Cimento
			Areia	CM	Brita 0	CM	
B0	0	1	4	0	2	0	0,55
B50	50%	1	2	2,03	1	1,04	0,55

B100	100%	1	0	4,06	0	2,07	0,55
------	------	---	---	------	---	------	------

Fonte: Autor.

Para realização dos ensaios físicos (absorção de água) e mecânicos (resistência a compressão) dos blocos, foram produzidos 10 blocos para resistência à compressão e outros 10 para absorção de água para cada teor de substituição (Tabela 3), a resistência à compressão foi analisada adotando-se uma idade controle aos 7 dias de cura, para fornecer uma estimativa preliminar da resistência do bloco, em que se espera uma resistência entre 50% e 70% da resistência final projetada, esse processo é fundamental para indicar se o processo está adequado, e aos 28 dias é considerado procedimento padrão de resistência final, já que nesse tempo os blocos já atingiram entre 90% e 100% de sua resistência (ABNT - NBR 12118, 2013).

Já os ensaios de absorção de água são utilizados na avaliação do comportamento dos poros dos blocos e a capacidade de absorver umidade, o método de imersão mede a capacidade total de absorção, indicando a porosidade total e a capacidade de retenção de água, que influencia a durabilidade e a resistência a intempéries (ABNT - NBR 12118, 2013), já pela capilaridade mede a velocidade de absorção a partir de uma área de contato mínima com a água, simulando o que acontece quando o bloco está em contato com água da chuva ou umidade do solo, simulando o risco de degradação, mofo e eflorescência (ABNT - NBR 9779, 2013b).

Tabela 3: Conjunto amostral.

Traço	Teor	Quantidade de blocos			
		Resistência à compressão NBR 12118/13		Absorção de água por imersão NBR 12118/13	Capilaridade NBR 9779/13
		7 dias	28 dias		
B0	0	3	7	5	5
B50	50%	3	7	5	5
B100	100%	3	7	5	5
TOTAL		60 blocos			

Fonte: Autor.

Definido o traço e o tamanho da amostra foi calculada a quantidade de material total necessária (Tabela 4).

Tabela 4: Quantitativo de materiais.

Traço	Teor	Materiais necessários (kg)			
		Cimento	Agregado miúdo		Água
			Areia	CM	

B0	0	31,43	125,71	0	62,86	0	17,29
B50	50%	31,43	62,86	63,83	31,43	32,54	17,29
B100	100%	31,43	0	127,65	0	65,08	17,29
Total		94,29	188,57	191,48	94,29	97,62	51,87

Fonte: Autor.

4.5. Caracterização dos materiais

Neste tópico são abordados os métodos da caracterização física dos materiais, ensaio de massa específica (cimento, areia, brita, CM), de massa unitária (areia, brita, CM), e de composição granulométrica (areia, brita, CM). Todos os ensaios foram realizados em conformidade com a especificidade de suas normas em relação à execução em duplicata e triplicata (Tabela 5), e com a norma NBR 16915: Agregados — Amostragem, consiste nos procedimentos para a amostragem de agregados, desde a sua coleta e redução até o armazenamento e transporte das amostras.

Tabela 5: Caracterização dos materiais.

Ensaio de caracterização	Cimento	Areia	Brita	CM
Massa específica seca				
Massa específica sss	NBR 16605/17	NBR 16916/21	NBR 16917/21	NBR 16916/21
Absorção de água				NBR 16917/21
Massa unitária				
Massa unitária sss		NBR 16972/21	NBR 16972/21	NBR 16972/21
Índice de vazios				
Dimensão máxima característica		NBR 17054/22	NBR 17054/22	NBR 17054/22
Módulo de finura				

Fonte: Autor.

4.5.1. Massa específica

4.5.1.1. Aglomerante

Foi realizado conforme a norma NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica, consiste em preencher o frasco de Le Chatelier com querosene até a marca entre 0 e 1cm³ e descansar em banho maria por 30min até estabilizar e, então registra a primeira leitura, é adicionado aproximadamente 60g de cimento dentro do frasco, com auxílio de espátula metálica e funil de haste curta, depois de repetir o banho maria é aferida a nova leitura do volume, que deve estar entre 18 e 24cm³ (ABNT - NBR 16605, 2017).

$$\rho_{\text{esp}} = \frac{M}{V_f - V_i} \quad (1)$$

Onde:

ρ_{esp} : massa específica do material [g/cm^3];

M: massa do material [g];

V_i : volume inicial do líquido utilizado [cm^3].

V_f : volume final da amostra no líquido [cm^3].

Figura 9: Frasco de Le Chatelier com querosene e cimento.



Fonte: Autor.

4.5.1.2. Agregado miúdo

Foi realizada para areia e CM, conforme a norma NBR 16916: Agregado miúdo — Determinação da densidade e da absorção de água, determina a densidade na condição seca, saturada de superfície seca e da absorção da água, consiste em saturar a amostra por 24h, depois secar ao ar livre, em seguida utilizar o molde tronco-cônico e a haste metálica, quando estiver no ponto ótimo de umidade (saturada superfície seca) é adicionada ao frasco de areia junto com água por 1h, após esse processo a areia é seca em estufa por 24h, com isso, são aferidas as massas inicial, saturada e seca (ABNT - NBR 16916, 2021).

Densidade na condição seca

$$\rho_s = \frac{M_a}{V - V_a} \quad (2)$$

Onde:

ρ_s : densidade do agregado na condição seca [g/cm^3];

M_a : massa da amostra seca em estufa [g];

V: volume do frasco [cm^3];

V_a : volume da água adicionada ao frasco [cm^3], dada pela equação:

$$V_a = \frac{M_d - M_c}{\rho_a} \quad (3)$$

Onde:

Md: massa do conjunto frasco e amostra na condição saturada superfície seca [g];

Mc: massa da amostra na condição saturada superfície seca [g];

ρ_a : densidade da água na temperatura do banho [g/cm³].

Densidade na condição saturada superfície seca:

$$\rho_{sss} = \frac{M_b}{V - V_a} \quad (4)$$

Onde:

ρ_{sss} : densidade do agregado na condição saturada superfície seca [g/cm³];

Mb: massa da amostra na condição saturada superfície seca [g];

V: volume do frasco [cm³];

Va: volume da água adicionada ao frasco [cm³].

Absorção de água:

$$\text{Abs} = \frac{M_b - M_a}{M_a} \times 100 \quad (5)$$

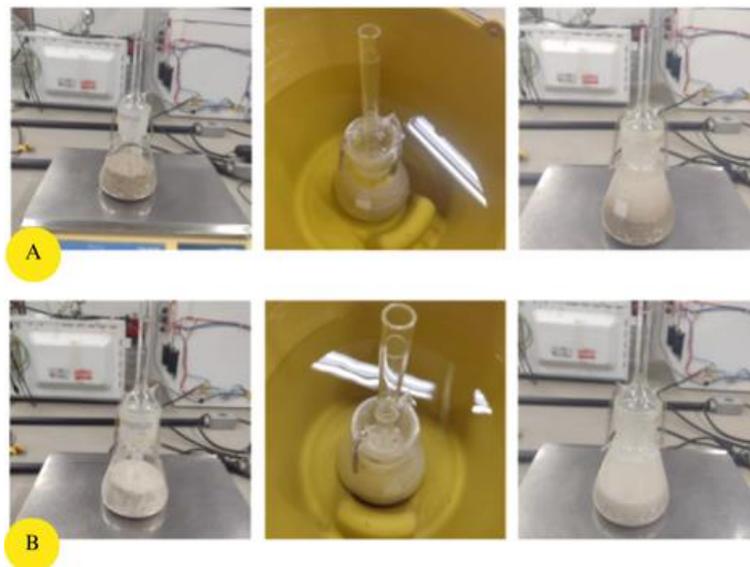
Onde:

Abs: absorção de água [%];

Ma: massa da amostra seca em estufa [g];

Mb: massa da amostra na condição saturada superfície seca [g].

Figura 10: A) Massa específica da areia; B) Massa específica da CM.



Fonte: Autor.

4.5.1.3. Agregado graúdo

Foi realizada para brita e CM, conforme a norma NBR 16917: Agregado graúdo — Determinação da densidade e da absorção de água, determina a densidade na condição seca, saturada de superfície seca e da absorção da água, consiste em saturar a amostra por 24h, após isso, o excesso de umidade foi enxugado, e a amostra foi pesada na condição saturada superfície seca, depois foi verificada sua massa hidrostática, na condição submersa, por fim, a amostra foi seca em estufa por 24h, para obter a massa da amostra seca (ABNT - NBR 16917, 2021).

Densidade na condição seca:

$$\rho_s = \frac{M_a}{M_b - M_c} \quad (6)$$

Onde:

Ps: densidade do agregado na condição seca [g/cm³];

Ma: massa da amostra seca em estufa [g];

Mb: massa da amostra na condição saturada superfície seca [g].

Mc: massa da amostra submersa em água na condição saturada superfície seca [g].

Densidade na condição saturada superfície seca:

$$\rho_{sss} = \frac{M_b}{M_b - M_c} \quad (7)$$

Onde:

psss: densidade do agregado na condição saturada superfície seca [g/cm³];

Mb: massa da amostra na condição saturada superfície seca [g];

Mc: massa da amostra submersa em água na condição saturada superfície seca [g].

Absorção de água:

$$Abs = \frac{M_b - M_a}{M_a} \times 100 \quad (8)$$

Onde:

Abs: absorção de água [%];

Ma: massa da amostra seca em estufa [g];

Mb: massa da amostra na condição saturada superfície seca [g].

Figura 11: Massa específica da brita e da CM.



Fonte: Autor.

4.5.2. Massa unitária

Foi realizada para a areia, brita e CM, conforme a norma NBR 16972: Agregados — Determinação da massa unitária e do índice de vazios, determina a massa unitária, massa unitária SSS e o índice de vazios, consiste em três métodos, o método A é usual para material compactado, com dimensão máxima de 37,5 mm, como é o caso da brita e da CM, já o método B é usual para material compactado com dimensão máxima superior a 37,5 mm e inferior a 75 mm e, o método C é aplicado para material no estado solto, caso da areia e da CM (ABNT - NBR 16972, 2021).

Foi utilizado um recipiente de capacidade adequada, é aferida a massa do recipiente vazio, o volume foi calculado com base na massa de água contida até o topo do recipiente, correlacionando com a densidade da água na temperatura no momento do ensaio, em sequência o recipiente é esvaziado, limpo e preenchido pela amostra, pelo método A e B esse enchimento é dividido em três camadas para compactação, já o método C não é necessário compactação, depois é feito o rasamento.

Massa unitária:

$$\rho_{ap} = \frac{M_{ar} - M_r}{V} \text{ ou } \rho_{ap} = (M_{ar} - M_r) \cdot F \quad (9)$$

Onde:

ρ_{ap} : massa unitária do agregado [kg/m^3];

M_{ar} : massa do recipiente com agregado [kg];

M_r : massa do recipiente vazio [kg];

V: volume do recipiente [m³].

F: fator para o recipiente, expresso em 1/m³ [1/m³].

Massa unitária na condição saturada superfície seca:

$$\rho_{as} = \rho_{ap} \left[1 + \frac{A}{100} \right] \quad (10)$$

Onde:

ρ_{as} : massa unitária na condição saturada superfície seca [kg/m³];

ρ_{ap} : massa unitária do agregado [kg/m³];

A: absorção de acordo com a ABNT NBR 16916 ou ABNT NBR 16917 [%].

Índice de vazios:

$$E_v = \frac{100[(d_1 p_w) - p_{ap}]}{d_1 p_w} \quad (11)$$

Onde:

E_v : índice de vazios nos agregados [%];

d_1 : densidade do agregado seco, conforme as ABNT NBR 16916 ou ABNT NBR 16917 [kg/m³];

p_w : densidade da água [kg/m³];

p_{ap} : densidade média do agregado [kg/m³].

Figura 12: Massa unitária da concha, brita e areia.



Fonte: Autor.

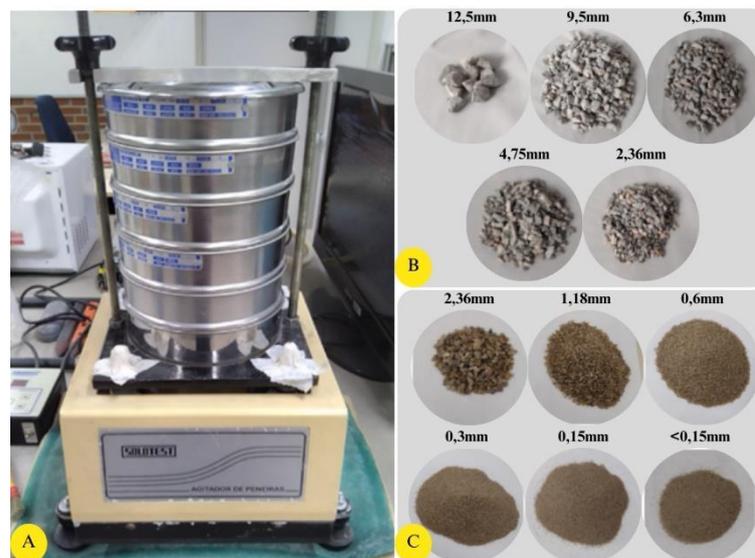
4.5.4. Composição granulométrica

Foi realizada para a areia, brita e concha, conforme a norma NBR 17054: Agregados — Determinação da composição granulométrica — Método de ensaio, determina a curva granulométrica, dimensão máxima característica e módulo de finura, consiste no peneiramento

dos agregados, utilizando agitador de peneiras e série de peneiras com objetivo de identificar a quantidade de material relativo ao tamanho das partículas (ABNT - NBR 17054, 2022b).

Foram utilizadas as peneiras de aberturas 4,75mm, 2,36mm, 1,18mm, 600 μ m, 300 μ m, 150 μ m e fundo, para granulometria dos agregados miúdos e, 25,00mm, 19,00mm, 12,50mm, 9,50mm, 6,30mm, 4,75mm e fundo, para granulometria dos agregados graúdos (Figura 13). O agitador eletromecânico trabalhou na frequência de 10Hz por 3min, após o peneiramento foram aferidas as massas do material retido em cada peneira, esses dados foram necessários para produção dos gráficos da curva granulométrica e calcular o módulo de finura.

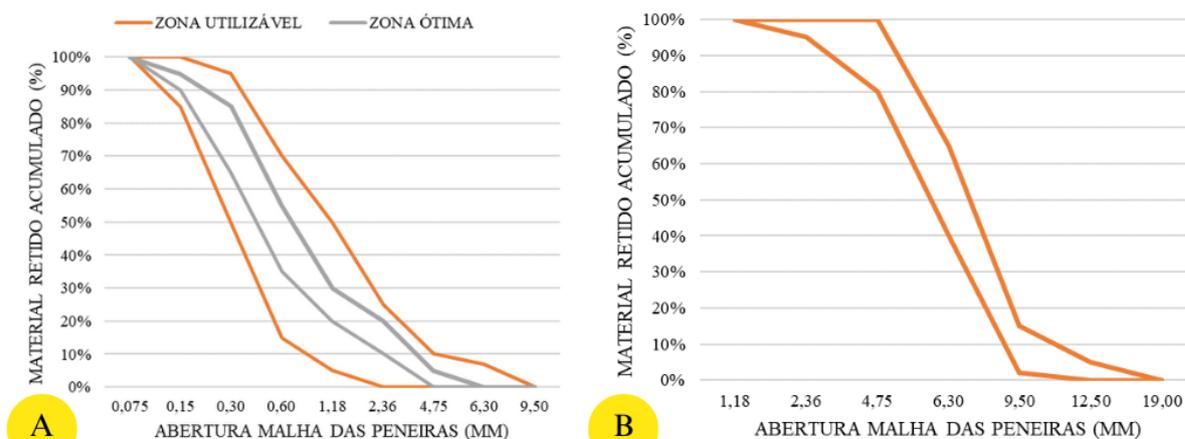
Figura 13: A) Agitador de peneiras; B) Brita; C) Areia.



Fonte: Autor.

Seguindo a ABNT NBR 7211 (2022), que determina os limites das zonas utilizável e ótima da granulometria para o agregado miúdo (Figura 14A), classifica a zona ótima situando o módulo de finura entre 2,20 e 2,90. Já os agregados graúdos podem ser pedrisco (4,75mm à 12,5mm, ou brita 0 ou brita 12 pela nomenclatura antiga), classificada com módulo de finura entre 5,77 e 6,15 (Figura 14B).

Figura 14: A) Zona granulométrica da areia; B) Zona granulométrica da brita 0.



Fonte: (ABNT - NBR 7211, 2022c)

4.6. Dosagem, moldagem e cura

As CM passaram por processo de peneiramento e separação por granulometria, em que foram armazenadas em diferentes recipientes de acordo com o material retido nas peneiras 12,50mm, 9,50mm, 6,30mm 4,75mm, 2,36mm, 1,18mm, 600 μ m, 300 μ m, 150 μ m e fundo, com isso foi utilizado o percentual retido em cada peneira para calcular as proporções ideais de cada faixa granulométrica, a fim de compor uma distribuição de tamanhos que simulasse à dos agregados naturais (areia e brita). Foi utilizada a seguinte equação:

$$M_{CM} = MR \left[\frac{Q}{100} \right] \quad (12)$$

Onde:

M_{CM} : massa de concha [g];

MR: percentual retido em cada peneira [%];

Q: quantidade total do agregado [%];

Depois de simular o tamanho das partículas das conchas em relação a areia e brita, foram feitas as dosagens das massas de cada traço, os materiais utilizados na mistura foram secos em estufa para não haver interferências pela umidade incorporada. As dosagens, moldagem e cura dos blocos foram feitas no anexo do Laboratório de Materiais e Construções Sustentáveis, a mistura foi realizada em betoneira considerando sua capacidade e o tempo para moldagem dos blocos, já que a compactação foi manual, utilizando haste de madeira, apenas uma fôrma disponível, moldagem de um único bloco por vez e o limite de espaço na área de desmoldagem (ABNT - NBR 6136, 2016).

A fôrma utilizada é metálica, com dimensões de 9x19x39cm, com três partes moveis que se encaixam para formar o bloco, o bloco possui dois furos na vertical, sendo uma face

desses furos vedada e a outra face livre. A massa foi inserida no molde em camadas uniformes, a compactação foi feita ininterruptamente até que o molde estivesse completamente preenchido, o desmolde foi imediato, com cautela para evitar danos (Figura 15).

O primeiro dia de cura foi apenas o desmolde, pois o bloco está bastante frágil, a partir do segundo dia foi feita cura úmida durante 5 dias, por meio de hidratação uma vez ao dia.

Figura 15: Produção dos blocos.



Fonte: Autor.

4.8. Ensaios físicos

4.8.1. Análise dimensional

A análise dimensional é uma verificação das dimensões dos corpos de prova, como a largura, comprimento, altura, espessura das paredes, dimensões dos furos e raio das mísulas, essa verificação foi realizada junto com uma inspeção visual (ABNT - NBR 12118, 2013).

4.8.2. Absorção de água por imersão

A absorção é uma relação entre a massa de água contida no bloco saturado e a massa do bloco seco em estufa até constância de massa, expressa em porcentagem, consiste na secagem, o bloco é seco em estufa durante 24h à $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$, depois é saturado, ficando submerso durante 24h, é aferida a massa nas duas situações, e depois é aferida a massa aparente, que deve ter sua massa determinada quando imerso em água, por meio de balança hidrostática. A água preenche os poros internos do bloco por difusão e pressão hidrostática, saturando a estrutura (ABNT - NBR 12118, 2013).

Absorção de água:

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (12)$$

Onde:

a: absorção total [%];

m_1 : massa do corpo de prova seco em estufa [g];

m_2 : massa do corpo de prova saturado [g].

Área líquida:

$$A_{liq} = \frac{m_2 - m_3}{h * \gamma} \times 100 \quad (13)$$

Onde:

A_{liq} : área líquida [mm²];

m_2 : massa do corpo de prova seco em estufa [g];

m_3 : massa do corpo de prova saturado [g];

h: altura média do corpo de prova [mm];

γ : massa específica utilizada no ensaio [g/cm³].

Figura 16: Secagem na estufa e saturação dos blocos.



Fonte: Autor.

4.8.3. Absorção de água por capilaridade

A absorção de água por capilaridade foi determinada pela norma NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade, através da ascensão capilar, isso ocorre devido às forças de tensão superficial dos líquidos, que forçam a entrada da água para dentro dos poros mais finos do material. Ao iniciar esse ensaio, o corpo de prova é posicionado dentro de um recipiente em que o nível da água permanece constante a

5mm em contato o bloco, a massa dos blocos são aferidas nos tempos de 3h, 6h, 24h, 48h e 72h, é importante que a face de baixo do corpo de prova não toque o fundo do recipiente (ABNT - NBR 9779, 2013b).

$$C = \frac{m_{sat} - m_s}{S} \quad (14)$$

Onde:

C: absorção de água por capilaridade [g/cm²];

m_{sat}: massa saturada do corpo de prova [g];

m_s: massa do corpo de prova seco [g];

S: área da seção transversal [cm²].

Figura 17: Absorção por capilaridade.



Fonte: Autor.

4.7. Ensaio mecânico

4.7.1. Resistência à compressão

A resistência à compressão dos blocos foi determinada pela norma NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio, determina que deve ser realizada por meio de prensa de carga para concreto, e que a carga deve ser distribuída uniformemente em toda a área da superfície do bloco, assim são necessárias duas placas de apoio de aço para suporte, determina também que os blocos devem ter as faces de trabalho regularizadas com pasta de cimento ou argamassa, chamada de capeamento (ABNT - NBR 12118, 2013) (Figura 18).

Figura 18: Capeamento dos blocos e disposição na prensa.



Fonte: Autor.

Resistência à compressão:

$$F_{bk} = \frac{F}{A} \quad (15)$$

Onde:

F_{bk} : Resistência característica à compressão [Mpa];

F: Carga de ruptura [N];

A: Área de carregamento [mm²].

4.9. Análise estatística

4.9.1. Estatística descritiva

Foi realizada uma estatística descritiva da amostra com objetivo de condensar as informações mais importantes sobre os dados estudados, esses dados foram utilizados para a tomada de decisão e para a estruturação de modelos estatísticos paramétricos.

Com isso os dados foram arranjados em ordem crescente e divididos em quartis, O Q1, é o número que deixa 25% das observações abaixo e 75% acima, o Q2, a mediana, deixa 50% das observações abaixo e 50% das observações acima, enquanto que o Q3, deixa 75% das observações abaixo e 25% acima. A partir dos valores dos quartis e dos máximos e mínimos obtidos nos conjuntos de dados, foram elaborados gráficos *boxplot*, que possibilitam a visualização da dispersão, da simetria e das discrepâncias (*outliers*) da amostra.

4.9.2. Testes estatísticos

Para determinar se o percentual de conchas nos BC afetou significativamente sua resistência à compressão e capacidade de absorção de água, foi realizada a análise de variância (ANOVA) em conjunto com o teste de Tukey, que permite comparar múltiplos grupos de dados com um nível de confiança de 95%.

4.10. Viabilidade econômica

Para a avaliação da viabilidade econômica dos blocos produzidos com resíduos (CM), realizou-se o levantamento dos custos diretos de produção com base em insumos como cimento, areia, brita, água, mão de obra, energia elétrica e transporte. O bloco padrão (B0), fabricado com materiais convencionais, foi utilizado como referência de comparação em relação aos blocos com substituição parcial (B50) e total (B100) de agregados naturais por CM.

Os preços unitários dos materiais foram obtidos por meio da base de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), considerando valores atualizados (dezembro/2024) e praticados na região de Pernambuco. Para a mão de obra, utilizou-se o valor-hora de um servente de obras. O consumo de energia elétrica industrial e o uso de caminhão basculante de 6 m³ também foram considerados com base nos valores de referência do SINAPI.

As quantidades de insumos foram estimadas com base na dosagem padrão adotada (traço em massa), ajustada conforme a substituição dos agregados. Para cada bloco produzido, calculou-se o custo unitário dos materiais e serviços utilizados. A Tabela 6 apresenta a composição detalhada do custo do bloco de referência.

Tabela 6: Composição de custo dos blocos.

Origem	Código	Descrição	Un	Preço unit (R\$)
SINAPI	1379	Cimento portland composto CP II-32	KG	0,70
SINAPI	367	Areia grossa - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	M3	131,69
SINAPI	4720	Pedra britada n. 0, ou pedrisco (4,8 a 9,5 mm) posto pedreira/fornecedor, sem frete	M3	116,15
COMPESA	-	Água - abastecimento público	L	0,01
SINAPI	6111	Servente de obras (horista)	H	15,79
SINAPI	2705	Energia eletrica ate 2000 kwh industrial, sem demanda	KWH	0,96
SINAPI	91369	Caminhão basculante 6 m3, peso bruto total 16.000 kg, carga útil máxima 13.071 kg, distância entre eixos 4,80 m, potência 230 cv inclusive caçamba	H	3,46

Fonte: Autor.

Posteriormente, procedeu-se à comparação entre os custos dos blocos com resíduos (B50 e B100) e o bloco padrão, a fim de verificar a viabilidade técnica e econômica da substituição, considerando possíveis variações de custo e desempenho mecânico (resistência à compressão e absorção de água).

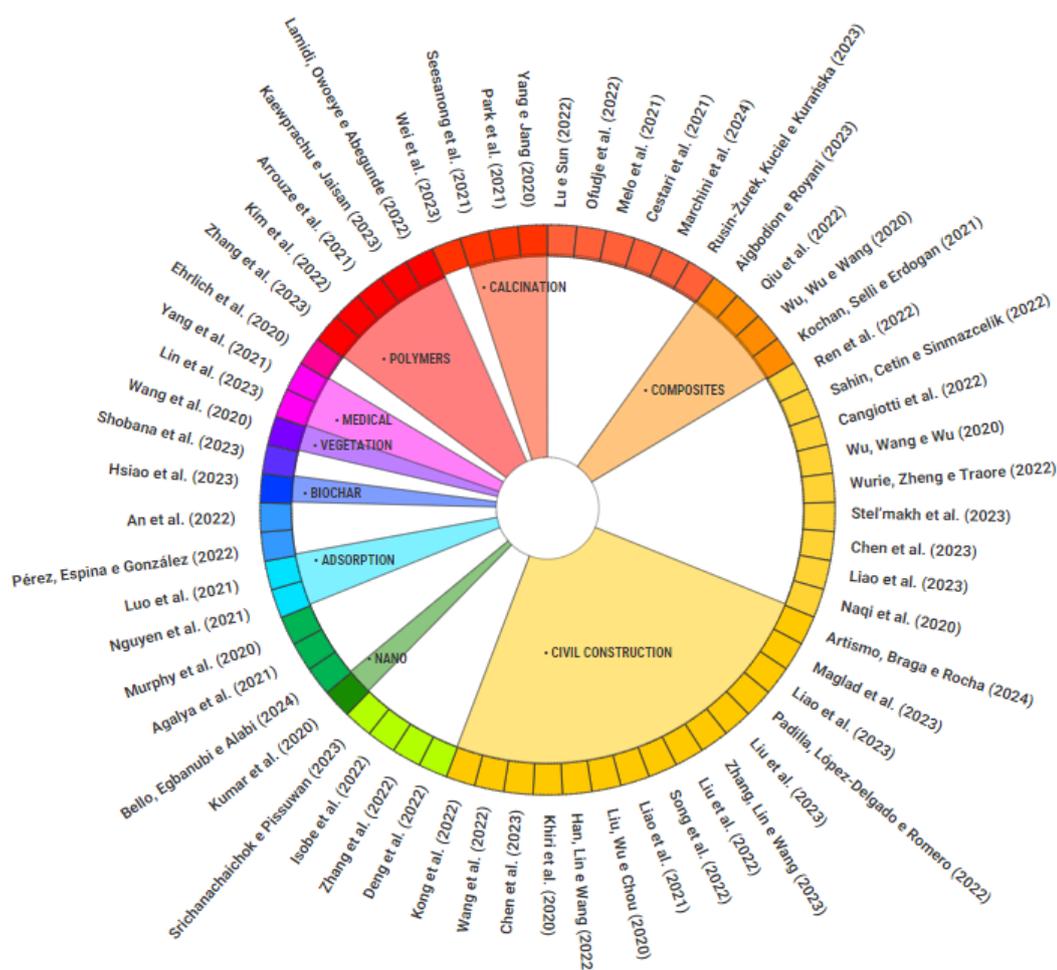
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Levantamento de dados secundários

Ao final dessa busca obteve-se 61 artigos elegidos, que foram divididos por área de estudo, construção civil (22 artigos), compósitos (11 artigos), calcinação (7 artigos), polímeros (6 artigos), adsorção (5 artigos), nanopartículas (4 artigos), biocarvão (3 artigos), médico (2 artigos) e agrícola (1 artigo). A meta-análise foi dividida em duas fases relacionadas aos dados extraídos, para os dados bibliométricos não teve segregação, já para os dados da pesquisa (setor industrial, tipo de marisco, aplicação e produto) foi desenvolvido a partir dos artigos relacionados à construção civil.

A rede de bibliografia dos artigos (Gráfico 1), foi elaborada de acordo com a similaridade das áreas de estudo, os artigos são datados entre jan/2020 à mar/2024.

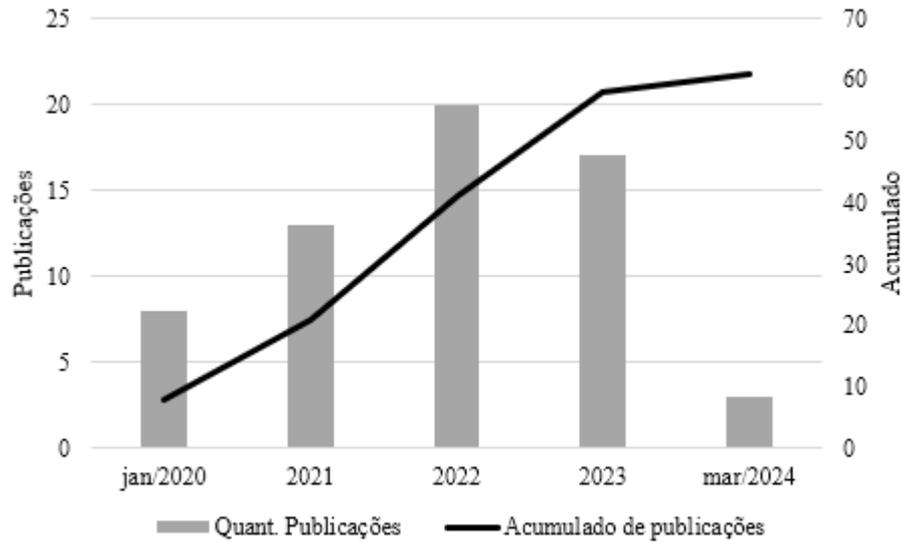
Gráfico 1: Gráfico donut dos artigos encontrados.



Fonte: Autor.

A nuvem de palavras (Figura 19) ilustra as palavras mais frequentes nos títulos, nos resumos, nas palavras-chave dos autores e nas palavras-chave da base de dados, isto é, quanto

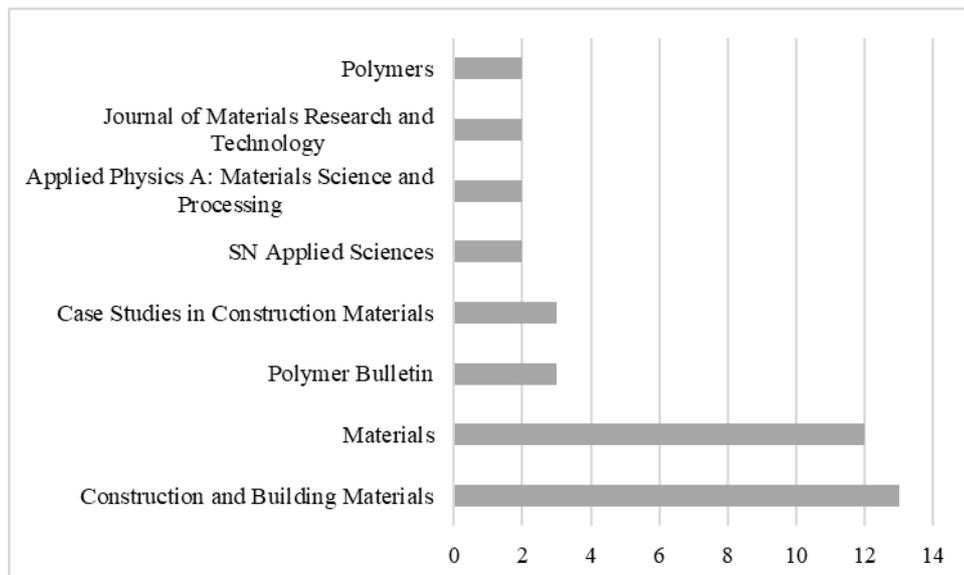
Gráfico 2: Produção científica ao longo dos anos.



Fonte: Autor.

Além das quantidades por ano, também foi investigado quais periódicos conseguiram mais desempenho de produção (Gráfico 3), o *Construction and Building Materials* obteve maior rendimento, com 13 publicações, em sequência o periódico *Materials* conseguiu 12 publicações, esses foram muito acima da média em comparação com o restante, em que *Polymer Bulletin* e *Case Studies in Construction Materials* que publicaram 3 artigos cada, e o restante ficando com 2 publicações.

Gráfico 3: Periódicos mais relevantes.



Fonte: Autor.

Além disso, foi analisado o *Journal Impact Factor* (JIF) desses periódicos (Tabela 7), o JIF é um indicador que avalia a ocorrência com que artigos de um periódico são citados, que

permite comparar e classificar as revistas científicas. Os periódicos *Construction and Building Materials*, *Case Studies in Construction Materials* e *Journal of Materials Research and Technology* se destacaram com maior JIF, 7.4, 6.5 e 6.2 respectivamente. Já a *Applied Physics A: Materials Science and Processing* possui atualmente o pior coeficiente dessa seleção.

Tabela 7: Indicador *Journal Impact Factor* dos periódicos.

ISSN	Nome	JIF
0950-0618	Construction and Building Materials	7.4
1996-1944	Materials	3.1
0170-0839	Polymer Bulletin	3.1
2214-5095	Case Studies in Construction Materials	6.5
2523-3971	Sn Applied Sciences	2.8
0947-8396	Applied Physics A: Materials Science and Processing	2.5
2238-7854	Journal of Materials Research and Technology	6.2
2073-4360	Polymers	4.7

Fonte: Plataforma Web of Science (WoS) Journal Info (2025).

Foram selecionados artigos da área da construção civil (Tabela 8), com identificação dos autores, ano de publicação, aplicação, tipo de material e resíduo utilizado. Ao todo, foram analisados 22 estudos que abordaram o uso de conchas de ostra, mexilhão, berbigão e vieira em composições de concreto, cimento e argamassa.

Tabela 8: Detalhamento das aplicações e resíduos na área de construção civil.

Autor	Aplicação	Material	Resíduo
(Naqi <i>et al.</i> , 2020)	Concreto	Aglomerante	Concha de ostra
(Khiri <i>et al.</i> , 2020)	Cimento	Aglomerante	Concha de berbigão
(Liu; Wu; Chou, 2020)	Argamassa	Agregado miúdo	Concha de ostra
(Liao <i>et al.</i> , 2021)	Argamassa	Agregado miúdo	Concha de ostra
(Wang <i>et al.</i> , 2022)	Cimento	Aglomerante	Concha de molusco
(Deng <i>et al.</i> , 2022)	Argamassa	Agregado miúdo	Concha de ostra
(Padilla; López-Delgado; Romero, 2022)	Agregado leve	Agregados	Concha de mexilhão
(Zhang <i>et al.</i> , 2022)	Cimento	Aglomerante	Concha de ostra
(Wurie; Zheng; Traore, 2022)	Concreto	Aglomerante, agregado graúdo	Concha de ostra
(Song <i>et al.</i> , 2022)	Argamassa	Agregado miúdo	Concha de ostra
(Kong <i>et al.</i> , 2022)	Concreto	Agregado graúdo	Concha de ostra
(Han; Lin; Wang, 2022)	Cimento	Aglomerante	Concha de ostra
(Liu <i>et al.</i> , 2022)	Argamassa	Aglomerante	Concha de ostra
(Maglad <i>et al.</i> , 2023)	Concreto espumado leve	Aglomerante	Conchas de ostra, vieira e mexilhão
(Stel'makh <i>et al.</i> , 2022)	Concreto	Aglomerante	Concha de mexilhão

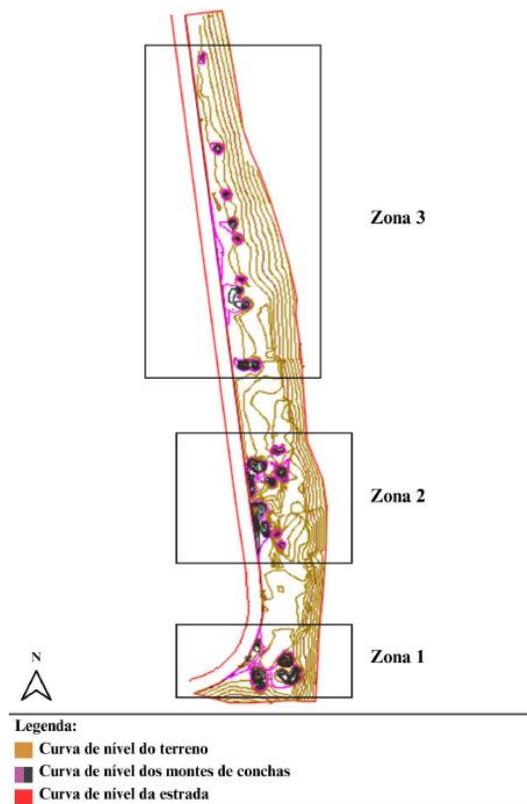
(Zhang; Lin; Wang, 2023)	Cimento	Aglomerante	Concha de ostra
(Liao <i>et al.</i> , 2023c)	Argamassa	Agregado miúdo	Concha de ostra
(Chen <i>et al.</i> , 2023b)	Argamassa	Agregado miúdo	Concha de mexilhão
(Liu <i>et al.</i> , 2023)	Argamassa	Agregado miúdo	Concha de ostra
(Liao <i>et al.</i> , 2023a)	Argamassa	Agregado miúdo	Concha de ostra
(Chen <i>et al.</i> , 2023a)	Argamassa	Agregado miúdo	Concha de mexilhão
(Artismo; Braga; Rocha, 2024)	Argamassa	Agregado miúdo	Concha de mexilhão

Fonte: Autor.

5.2. Volume de descarte de CM

Para possibilitar uma análise comparativa mais eficiente dos resultados, realizou-se um zoneamento da área de descarte de conchas mapeada durante o levantamento topográfico, segmentando-a em três zonas distintas: zona 1, zona 2 e zona 3 (Figura 20). Ao chegar à Praia de Mangue Seco, observa-se que os maiores acúmulos de conchas estão concentrados em determinados trechos da faixa litorânea. Ressalta-se que os pontos de descarte estão predominantemente próximos aos coqueiros, cuja sombra oferece condições de conforto térmico aos marisqueiros durante o trabalho.

Figura 20: Curva de nível e zonas de CM na praia de Mangue Seco.



Fonte: Autor.

Ao comparar os dados obtidos neste estudo com os resultados do levantamento topográfico realizado por Cunha (2020), observa-se que, na época, o volume total das pilhas de conchas foi de 1.275,64 m³, enquanto o presente levantamento identificou um volume de 268,28 m³ (Tabela 9). Para ilustrar o que esses números representam, pode-se utilizar como referência o volume de uma piscina olímpica, que comporta aproximadamente 1.100 m³. Assim, o volume registrado em 2020 corresponderia a cerca de 116% de uma piscina olímpica, enquanto o volume de 2024 equivale a aproximadamente 24% dessa capacidade. Cabe ressaltar que, em 2020, não havia registros de ações da prefeitura para a remoção e destinação final das conchas acumuladas na faixa litorânea, o que contribui para explicar a diferença significativa entre os volumes medidos nos dois períodos, vale salientar que a maioria dos pontos publicados pelo outro autor eram da região do mangue, onde não fez parte da área de estudo desta pesquisa, ficando apenas com a área da beira mar. Adicionalmente, os dados da Tabela 9 e da Figura 20 indicam que a zona 2 concentra os principais pontos de debulhamento — etapa em que se retira a carne do marisco — sendo, portanto, a área com maior acúmulo de conchas.

Tabela 9: Volume dos montes de CM

Zona	Volume (m ³)	Volume total (m ³)
1	85,17	
2	114,81	268,27
3	68,29	

Fonte: Autor.

A estimativa de que cada marisqueiro descarta, em média, 90 kg de conchas por dia baseia-se em um cálculo proporcional à produção coletiva e ao volume total acumulado no local. Considerando que aproximadamente 15 marisqueiras realizam o descarte diretamente na praia, com uma jornada média de 20 dias por mês, temos:

$$90 \text{ kg/pessoa/dia} \times 15 \text{ pessoas} = 1.350 \text{ kg/dia}$$

$$1.350 \text{ kg/dia} \times 20 \text{ dias/mês} = 27.000 \text{ kg/mês}$$

Esse ritmo de descarte gera, em média, 27 toneladas mensais de resíduos de concha na praia. Quando comparamos esse dado com o levantamento topográfico realizado, que apontou um volume total de 268,28 m³, e considerando a massa unitária seca das conchas de 1.461,68 kg/m³, temos:

$$268,28 \text{ m}^3 \times 1.461,68 \text{ kg/m}^3 = 392.139,51 \text{ kg (ou 392,1 toneladas)}$$

Dividindo o total acumulado pelo ritmo mensal:

$$392.139,51 \text{ kg} \div 27.000 \text{ kg/mês} = 14,52 \text{ meses}$$

Isso sugere que esse montante de conchas foi produzido ao longo de aproximadamente 1 ano e 2 meses.

Baseado nas visitas realizadas ao local, entrevistas e pesquisas, pode-se considerar uma estimativa de 44 marisqueiros atuando diariamente, com uma produção média de 90 kg de conchas por pessoa/dia, e uma jornada de trabalho de 20 dias por mês, é possível calcular a produção anual de resíduos:

$90 \text{ kg/dia} \times 44 \text{ pessoas} = 3.960 \text{ kg/dia}$ $3.960 \text{ kg/dia} \times 20 \text{ dias/mês} = 79.200 \text{ kg/mês}$ $79.200 \text{ kg/mês} \times 12 \text{ meses} = 950.400 \text{ kg/ano}$

Ou seja, a atividade extrativista do grupo pode gerar, em condições constantes, cerca de 950 toneladas de conchas por ano.

Esse valor demonstra o impacto significativo do descarte de conchas na área da praia e manguezal, sendo fundamental para compreender a escala da produção de resíduos e planejar estratégias sustentáveis de gestão. A informação reforça a importância de políticas públicas de reaproveitamento e descarte adequado, dado o grande volume acumulado em um curto intervalo de tempo.

5.2. Caracterização dos materiais

5.2.1. Massa específica

5.2.1.1. Aglomerante

A massa específica do cimento CP II-F 32 foi de 2,95g/cm³ (Tabela 10), semelhante às propriedades físico-químicas fornecida pela fabricante (Figura 21), a massa específica do cimento é fundamental para uma proporção da mistura de concreto adequada, conhecendo a massa específica do cimento é possível calcular com precisão as quantidades dos materiais necessários, e ainda garantir as propriedades desejadas do concreto final (Marar; Eren, 2011).

Tabela 10: Massa específica do cimento.

	m (g)	V ₁ (cm ³)	V ₂ (cm ³)	V (cm ³)	ρ (cm ³)	ρ média(cm ³)
Ensaio 1	65,00	0,80	22,90	22,10	2,94	2,95
Ensaio 2	65,00	0,30	22,30	22,00	2,95	

Fonte: Autor.

Figura 21: Propriedades físico-químicas.

9. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS			
Estado físico	Sólido	Taxa de evaporação	Não Aplicável
Forma	Pó	Ponto de fulgor	Não Aplicável
Cor	Cinza	Temperatura de auto-ignição	Não Aplicável
Odor	Característico	Limites de explosividade superior	Não Aplicável
pH	13	Limites de explosividade inferior	Não Aplicável
Ponto de ebulição	Não Aplicável	Pressão de vapor	Não Aplicável
Faixa de temperatura de ebulição	Não Aplicável	Massa específica aparente	1,2 g/cm ³
Faixa de destilação	Não Aplicável	Densidade	2,99 g/cm ³
Ponto de fusão	Não Aplicável	Solubilidade em ácido clorídrico	99%l
Temperatura de decomposição	Não Aplicável	Solubilidade em água	1,5g/l

Fonte: Boletim técnico (CSN CIMENTOS, 2023).

5.2.1.2. Agregado miúdo

A massa específica da areia na condição seca teve média de 2,59g/cm³ e na condição saturada superfície seca (SSS) foi de 2,62 g/cm³, e absorção média de 0,91% (Tabela 11). Resultados semelhantes também foram encontrados por Ginting (2022).

Tabela 11: Massa específica da areia.

	m _a (g)	m _b (g)	m _c (g)	m _d (g)	V (cm ³)	V _a (cm ³)	ρ _s (g/cm ³)	ρ _{SSS} (g/cm ³)	Abs (%)
Ensaio 1	495,00	500,00	769,00	1076,00	500,00	307,92	2,58	2,60	1,01
Ensaio 2	496,00	500,00	769,00	1078,00	500,00	309,93	2,61	2,63	0,81

Fonte: Autor.

Também foi realizado o mesmo procedimento, conforme a norma NBR 16916/2021, para as CM equivalente à areia, obtendo média da massa específica seca de 2,72 g/cm³, massa específica SSS de 2,83 g/cm³ e absorção de água de 3,84% (Tabela 12). Resultados semelhantes também foram encontrados por Chen et al. (2023a); Lata; Rocha, (2023); Maglad et al. (2023).

Tabela 12: Massa específica da CM.

	m _a (g)	m _b (g)	m _c (g)	m _d (g)	V (cm ³)	V _a (cm ³)	ρ _s (g/cm ³)	ρ _{SSS} (g/cm ³)	Abs (%)
Ensaio 1	481,00	500,00	769,00	1.103,00	500,00	335,01	2,92	3,03	3,95
Ensaio 2	482,00	500,00	770,00	1.078,00	500,00	308,93	2,52	2,62	3,73

Fonte: Autor.

5.2.1.3. Agregado graúdo

A massa específica da brita 0 na condição seca teve média de 2,54 g/cm³ e na condição saturada superfície seca (SSS) foi de 2,59 g/cm³, e absorção média de 1,63% (Tabela 13). Resultados semelhantes também foram encontrados por Mendonça et al. (2023)

Tabela 13: Massa específica da brita 0.

	m _a (g)	m _b (g)	m _c (g)	ρ _s (g/cm ³)	ρ _{sss} (g/cm ³)	Abs (%)
Ensaio 1	2.963,70	3.019,50	1.851,60	2,54	2,59	1,88
Ensaio 2	2.000,00	2.027,50	1.240,40	2,54	2,58	1,38

Fonte: Autor.

Também foi realizado o mesmo procedimento, conforme a norma NBR 16917/2021, para a CM equivalente à brita, obtendo média da massa específica seca de 2,63 g/cm³, massa específica SSS de 2,70 g/cm³ e absorção de água de 2,68% (Tabela 14). Resultados semelhantes também foram encontrados por Cunha (2020).

Tabela 14: Massa específica da CM.

	m _a (g)	m _b (g)	m _c (g)	ρ _s (g/cm ³)	ρ _{sss} (g/cm ³)	Abs (%)
Ensaio 1	2.000,10	2.052,60	1.291,50	2,63	2,70	2,62
Ensaio 2	2.000,10	2.054,80	1.293,50	2,63	2,70	2,73

Fonte: Autor.

5.2.2. Massa unitária

A massa unitária do agregado miúdo foi de 1428,96 kg/m³, a massa unitária SSS foi de 1441,94 kg/m³ e, o índice de vazios 99,95% (Tabela 15). Resultados semelhantes também foram encontrados por Fonseca et al. (2023).

Tabela 15: Massa unitária da areia.

	mar (kg)	mr (kg)	V(m ³)	A (%)	d ₁ (kg/m ³)	ρ _w (kg/m ³)	ρ _{ap} (kg/m ³)	ρ _{as} (kg/m ³)	Ev (%)
Ensaio 1	17,62	0,53	0,01	0,91	2.593,33	995,60	1.478,12	1.491,54	99,94
Ensaio 2	16,95	0,53	0,01	0,91	2.593,33	995,60	1.419,74	1.432,63	99,95
Ensaio 3	16,59	0,53	0,01	0,91	2.593,33	995,60	1.389,03	1.401,65	99,95

Fonte: Autor.

Também foi realizado o mesmo procedimento, conforme a norma NBR 16972/2021, para a brita, obtendo média da massa unitária de 1446,41 kg/m³, massa unitária SSS de 1469,97

kg/m³ e índice de vazios de 99,94% (Tabela 16). Resultados semelhantes também foram encontrados por Fioriti et al. (2020).

Tabela 16: Massa unitária da brita 0.

	mar (kg)	mr (kg)	V(m ³)	A (%)	d1 (kg/m ³)	ρw (kg/m ³)	ρap (kg/m ³)	ρas (kg/m ³)	Ev (%)
Ensaio 1	17,46	0,53	0,01	1,63	2.539,30	995,60	1.464,28	1.488,13	99,94
Ensaio 2	17,19	0,53	0,01	1,63	2.539,30	995,60	1.440,93	1.464,40	99,94
Ensaio 3	17,11	0,53	0,01	1,63	2.539,30	995,60	1.434,01	1.457,37	99,94

Fonte: Autor.

E para a CM a média da massa unitária resultou em 1461,68 kg/m³, a massa unitária SSS de 1517,85 kg/m³ e índice de vazios de 99,95% (Tabela 17). Resultados semelhantes também foram encontrados por Cunha (2020).

Tabela 17: Massa unitária da concha.

	mar (kg)	mr (kg)	V(m ³)	A (%)	d1 (kg/m ³)	ρw (kg/m ³)	ρap (kg/m ³)	ρas (kg/m ³)	Ev (%)
Ensaio 1	17,48	0,53	0,01	3,84	2.718,92	995,60	1.466,01	1.522,34	99,95
Ensaio 2	17,38	0,53	0,01	3,84	2.718,92	995,60	1.457,36	1.513,36	99,95
Ensaio 3	17,43	0,53	0,01	3,84	2.718,92	995,60	1.461,68	1.517,85	99,95

Fonte: Autor.

5.2.3. Composição granulométrica

Após execução do ensaio de composição granulométrica, foi elaborada a curva granulométrica (Quadro 2 e Gráfico 4), a dimensão máxima característica (DMC) da areia foi de 4,75 mm e, o módulo de finura de 3,09, classificando-a como areia grossa devido o módulo de finura estar entre 2,90 e 3,50 (ABNT - NBR 7211, 2022c).

Quadro 2: Curva granulométrica da areia.

Abertura da peneira (mm)	Massa retida na peneira (g)				Retida na peneira (%)	Retida acumulada (%)	Passante acumulado (%)
	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média			
4,75	1,00	2,30	2,70	2,00	0,61	0,61	99,39
2,36	33,40	33,80	33,60	33,60	10,18	10,79	89,21
1,18	76,20	76,10	77,30	76,50	23,19	33,98	66,02
0,60	121,50	123,00	128,60	124,40	37,69	71,67	28,33
0,30	76,50	75,80	69,40	73,90	22,39	94,06	5,94

0,15	15,00	14,40	13,40	14,30	4,32	98,38	1,62	
Fundo	2,20	1,70	2,10	2,00	0,61	98,99	1,01	
Total	330,00	330,00	330,00	330,00		100,00		
Dimensão máxima característica							4,75	
Modulo de finura							3,09	

Fonte: Autor.

A dimensão máxima característica do agregado graúdo foi de 12,50 e módulo de finura 4,81 (Quadro 3 e Gráfico 4), classificando-o como brita 0, pois o o módulo de finura varia entre 5,77 e 6,15 (ABNT - NBR 7211, 2022c).

Quadro 3: Curva granulométrica da brita 0.

Abertura da peneira (mm)	Massa retida na peneira (g)				Retida na peneira (%)	Retida acumulada (%)	Passante acumulado (%)	
	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média				
25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
19,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	
12,50	10,8	22,0	16,7	16,5	1,65	1,65	98,35	
9,50	95,0	110,3	151,0	118,8	11,88	13,53	86,47	
6,30	384,5	474,9	426,7	428,7	42,87	56,40	43,60	
4,75	233,5	206,4	204,4	214,8	21,48	77,87	22,13	
Fundo	266,5	178,0	195,0	213,2	21,32	99,19	0,81	
Total	330,00	330,00	330,00	330,00		100,00		
Dimensão máxima característica							12,50	
Modulo de finura							4,81	

Fonte: Autor.

A dimensão máxima característica da CM antes do tratamento de peneiramento foi de 2,36 mm e módulo de finura de 2,45 (Quadro 4 e Gráfico 4), com isso, após o tratamento, a CM foi manipulada para ficar equivalente os grãos da areia e da brita, tornando dimensão máxima característica e modulo de finura iguais.

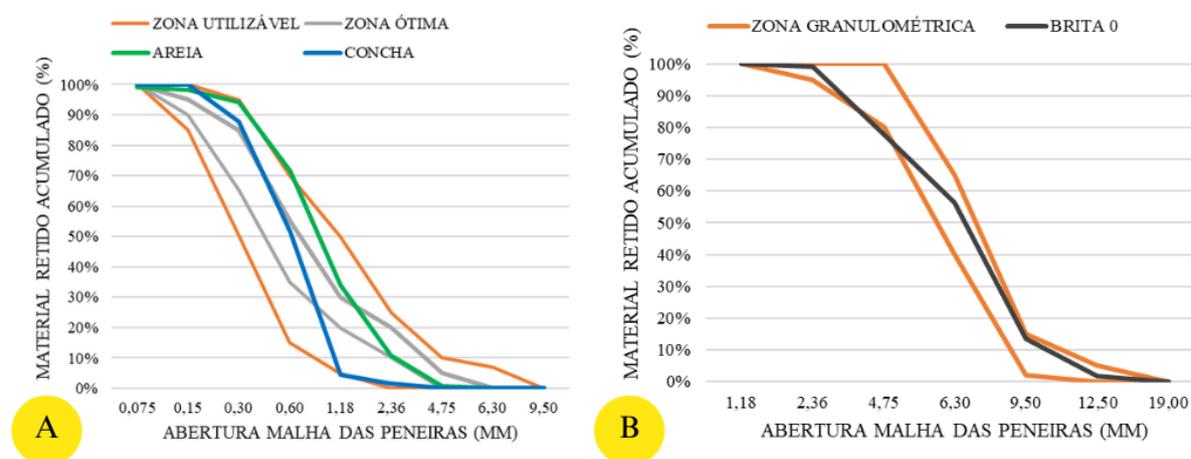
Quadro 4: Curva granulométrica da concha.

Abertura da peneira (mm)	Massa retida na peneira (g)				Retida na peneira (%)	Retida acumulada (%)	Passante acumulado (%)
	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média			
4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2,36	5,00	5,00	5,00	5,00	1,52	1,52	98,48

1,18	10,00	10,00	10,00	10,00	3,03	4,55	95,45
0,60	150,00	145,00	155,00	150,00	46,97	51,52	48,48
0,30	115,00	110,00	120,00	115,00	36,36	87,88	12,12
0,15	45,00	60,00	40,00	48,30	12,12	100,00	0,00
Fundo	0,50	0,00	0,00	0,20	0,00	100,00	0,00
Total	330,00	330,00	330,00	330,00		100,00	
Dimensão máxima característica							2,36
Modulo de finura							2,45

Fonte: Autor.

Gráfico 4: A) Curva granulométrica dos agregados miúdos; B) Granulometria da brita 0.



Fonte: Autor.

A equivalência da CM em relação aos agregados foi elaborada de acordo com a Tabela 4, sendo necessários 191,48kg de CM para substituir a areia e 97,62kg de CM para substituir a brita. Conforme a Equação 12, foi calculada a proporção ideal para cada faixa granulométrica (Tabela 18), foi necessário um ajuste na peneira de fundo do agregado graúdo, já que ficou retida 21,32% de brita, foi dividido 17,05% para faixa de 2,36mm e 4,26% para faixa de 1,18mm de acordo com ensaio dessa parcela.

Tabela 18: Faixa granulométrica para equivalência CM-agregados

Abertura da peneira (mm)	Areia	CM (miúdo)	Brita	CM (graúdo)
	Retida na peneira (%)	Quantidade (g)	Retida na peneira (%)	Quantidade (g)
12,50	-	-	1,65	1.623,88
9,50	-	-	11,88	11.688,68
6,30	-	-	42,87	42.191,45
4,75	0,61	1.172,33	21,48	21.136,73

2,36	10,18	19.695,08	17,05	16.783,41
1,18	23,19	44.861,03	4,26	4.195,85
0,60	37,69	72.899,17	-	-
0,30	22,39	43.317,46	-	-
0,15	4,32	8.362,60	-	-
<0,15	0,61	1.172,33	-	-
Total		191.480,00		97.620,00

Fonte: Autor.

Para melhor entendimento das propriedades dos materiais foi elaborada uma tabela resumo com esses resultados (Tabela 19).

Tabela 19: Tabela resumo da caracterização dos materiais.

Propriedade	Cimento	Areia	CM (miúdo)	Brita 0	CM (graúdo)
Massa específica seca (g/cm ³)	2,95 ±0,01	2,59 ±0,02	2,72 ±0,28	2,54 ±0,00	2,63 ±0,00
Massa específica sss (g/cm ³)	-	2,62 ±0,02	2,83 ±0,29	2,59 ±0,01	2,70 ±0,00
Absorção de água (%)	-	0,91 ±0,14	3,84 ±0,16	1,63 ±0,35	2,68 ±0,08
Massa unitária (kg/m ³)	-	1428,96 ±45,26	1461,68 ±4,32	1446,41 ±15,87	1461,68 ±4,32
Massa unitária sss (kg/m ³)	-	1441,94 ±45,66	1517,85 ±4,49	1469,97 ±16,12	1517,85 ±4,49
Índice de vazios (%)	-	99,95 ±0,01	99,95 ±0,00	99,94 ±0,00	99,95 ±0,00
Dimensão máxima característica (mm)	-	4,75 ±0,00	4,75 ±0,00	12,50 ±0,00	12,50 ±0,00
Módulo de finura	-	3,10 ±0,04	3,10 ±0,00	4,81 ±0,31	4,81 ±0,00

Fonte: Autor.

5.3. Ensaio físicos

5.3.1. Análise dimensional

Após a cura (28 dias), os blocos foram inspecionados visualmente e aferidos com paquímetro (Tabela 20) conforme ABNT - NBR 12118 (2013) e segundo a ABNT - NBR 6136 (2016) as medidas de largura possuem tolerância de ±2,0 mm, altura e comprimento ±3,0 mm e, paredes transversais e longitudinais ±1,0 mm, enquanto a área líquida do BC deve ser igual ou inferior a 75% da área bruta.

Tabela 20: Resultados da análise dimensional dos blocos.

	Dimensões pela norma	B0	B50	B100
Largura (mm)	90,0	89,8 ±0,04	90,1 ±0,05	90,2 ±0,04
Comprimento (mm)	390,0	393,6 ±0,13	392,8 ±0,07	394,1 ±0,06
Altura (mm)	190,0	196,0 ±0,29	195,6 ±0,11	195,0 ±0,07
Parede Longitudinal (mm)	18,0	24,0 ±0,00	23,8 ±0,07	24,6 ±0,05
Parede Transversal (mm)	18,0	22,2 ±0,04	23,5 ±0,07	23,3 ±0,07

Fonte: Autor.

Portanto todos os blocos atenderam ao requisito de dimensões, ficando acima dos limites estabelecidos.

5.3.2. Absorção de água por imersão

Após a cura (28 dias), os blocos foram submetidos ao teste de absorção de água, em que ficam totalmente submersos em água até a saturação e depois são secos em estufa até perderem toda umidade, a absorção de água do B0 foi de 6,69%, do B50 foi de 7,46% e do B100 de 8,83% (Tabela 21).

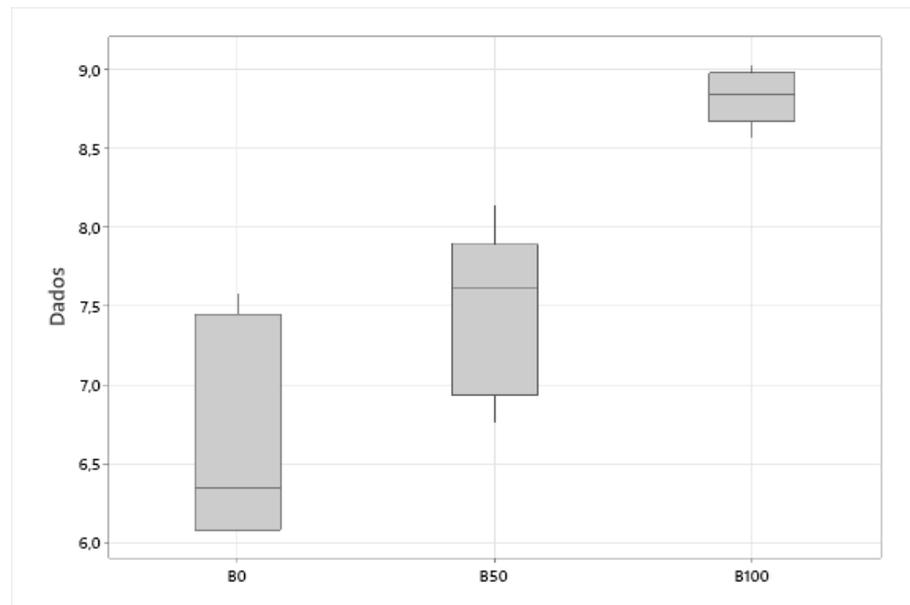
Tabela 21: Estatística descritiva da absorção de água por imersão.

Variável	N	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
B0	5	6,69	0,72	6,08	6,08	6,35	7,45	7,58
B50	5	7,46	0,53	6,76	6,94	7,61	7,89	8,14
B100	5	8,83	0,17	8,57	8,67	8,84	8,98	9,03

Fonte: Autor.

Também foi possível calcular a área líquida através das massas saturadas e hidrostáticas, obtendo 23531,93mm² para B0, 23911,39mm² para B50 e B100 22881,29mm².

Não houveram *outliers* na absorção (Gráfico 5), o B0 apresentou maior dispersão e assimétrica negativa, seguido pelo B50 com menor dispersão e assimétrica positiva e B100 que não houve dispersão e possui distribuição simétrica, foi possível constatar que o aumento da quantidade de conchas influenciou a aumentar a absorção, devido à elevação da porosidade dos blocos, que é decorrente do formato e estrutura laminar que as conchas possuem.

Gráfico 5: *Boxplot* da absorção de água.

Fonte: Autor.

A análise de variância indicou um valor-p menor que 0,05, o que indica que ao menos uma das médias é significativamente diferente das demais (Tabela 22). Para avaliar quais as diferenças identificadas pela ANOVA, foi utilizado o teste de Tukey.

Tabela 22: Análise de variância da absorção de água por imersão.

Fonte	GL	SQ Seq	Contribuição	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	2	11,82	78,18%	11,82	5,91	21,49	$1,08 \times 10^{-4}$
Erro	12	3,30	21,82%	3,30	0,27		
Total	14	15,12	100,00%				

Fonte: Autor.

Não existem diferenças significativas entre B0 e B50, enquanto há diferença do B100 em relação aos outros (Tabela 23). Portanto pode-se afirmar que a substituição de 100% teve aumento significativo da absorção.

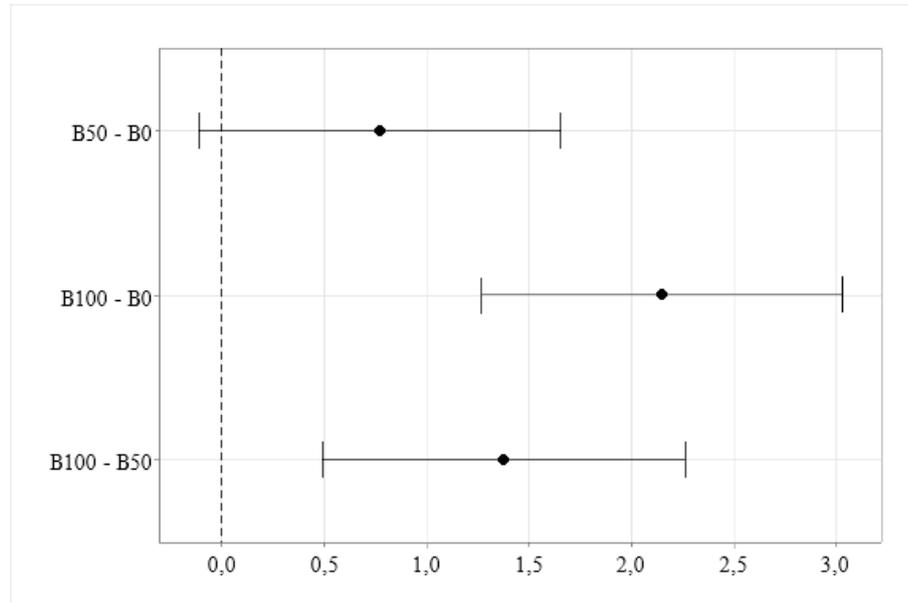
Tabela 23: Agrupamentos para absorção de água por imersão.

Fator	N	Média	Agrupamento
B100	5	8,83	A
B50	5	7,45	B
B0	5	6,68	B

Fonte: Autor.

Apenas o B0 e B50 são estatisticamente iguais, já em comparação com o B100 apresentam diferenças significativas (Gráfico 6).

Gráfico 6: Diferenças de médias da absorção de água.



Fonte: Autor.

5.3.3. Absorção de água por capilaridade

Após a cura (28 dias), os blocos foram submetidos ao teste de capilaridade, em que ficam em contato com a água durante 72 horas, até a saturação parcial, foi observado um aumento ao longo do tempo, porém nas primeiras 24 horas foi mais significativo, já que depois disso observou-se uma tendência de estabilização, pois as amostras já estavam próximas do limite de absorção. A capilaridade do B0 foi de 0,41 g/cm² no tempo de 3 horas e 0,66 g/cm² no tempo de 72 horas, do B50 foi de 0,30 g/cm² no tempo de 3 horas e 0,50 g/cm² no tempo de 72 horas e, do B100 de 0,23 g/cm² no tempo de 3 horas e 0,56 g/cm² no tempo de 72 horas (Tabela 24).

Tabela 24: Estatística descritiva da absorção de água por capilaridade.

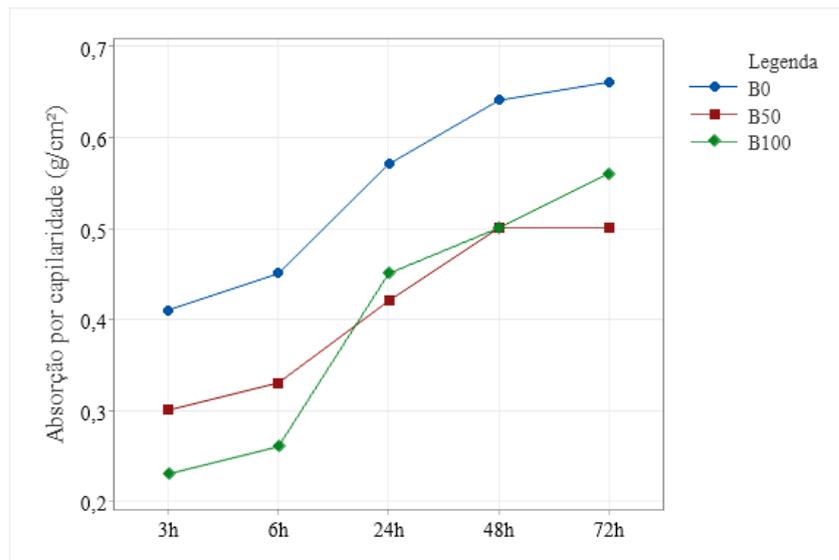
Ensaio	Variável	N	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
B0	3h	5	0,41	0,09	0,29	0,32	0,41	0,50	0,53
	6h	5	0,45	0,09	0,35	0,36	0,44	0,545	0,56
	24h	5	0,57	0,12	0,44	0,47	0,53	0,70	0,70
	48h	5	0,64	0,12	0,53	0,54	0,58	0,77	0,79
	72h	5	0,66	0,13	0,53	0,55	0,58	0,80	0,82
B50	3h	5	0,30	0,06	0,23	0,24	0,29	0,36	0,38
	6h	5	0,33	0,06	0,26	0,27	0,32	0,39	0,41

B50	24h	5	0,42	0,09	0,29	0,33	0,45	0,49	0,50
	48h	5	0,50	0,09	0,38	0,41	0,53	0,57	0,58
	72h	5	0,50	0,09	0,38	0,41	0,53	0,57	0,58
<hr/>									
B100	3h	5	0,23	0,10	0,12	0,13	0,23	0,32	0,38
	6h	5	0,26	0,10	0,15	0,16	0,26	0,35	0,41
	24h	5	0,45	0,05	0,41	0,41	0,44	0,50	0,53
B50	48h	5	0,50	0,06	0,44	0,44	0,50	0,55	0,58
	72h	5	0,56	0,05	0,50	0,51	0,56	0,60	0,64

Fonte: Autor.

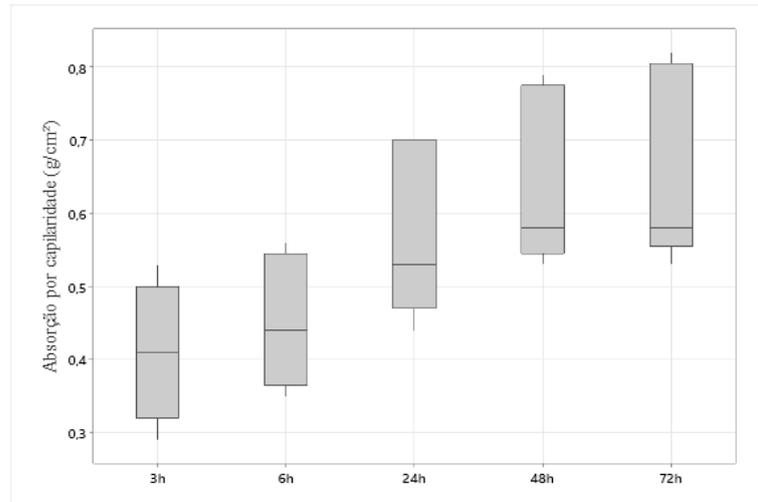
A maior absorção foi registrada no período tempo entre 6h – 24h (Gráfico 7). O B0 absorveu mais água durante todo o ensaio, seguido pelo B100, que no início reteve menos água, porém após as 48 horas ele se aproxima do B0 e, o B50 se manteve intermediário.

Gráfico 7: *Boxplot* da capilaridade dos blocos B0.

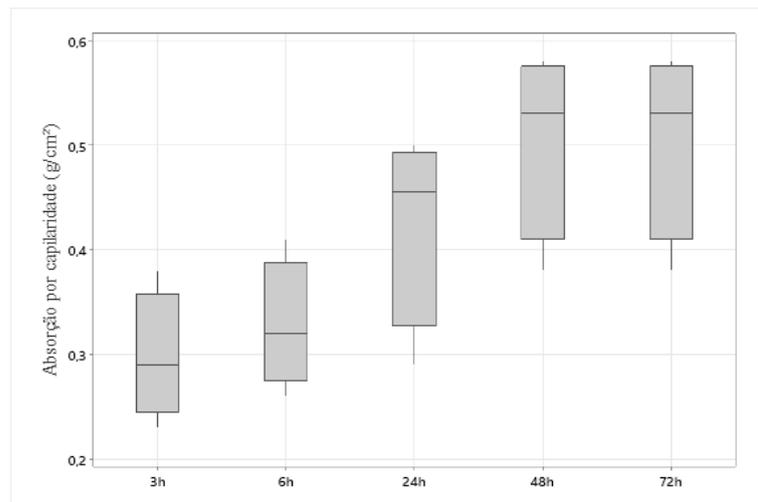


Fonte: Autor.

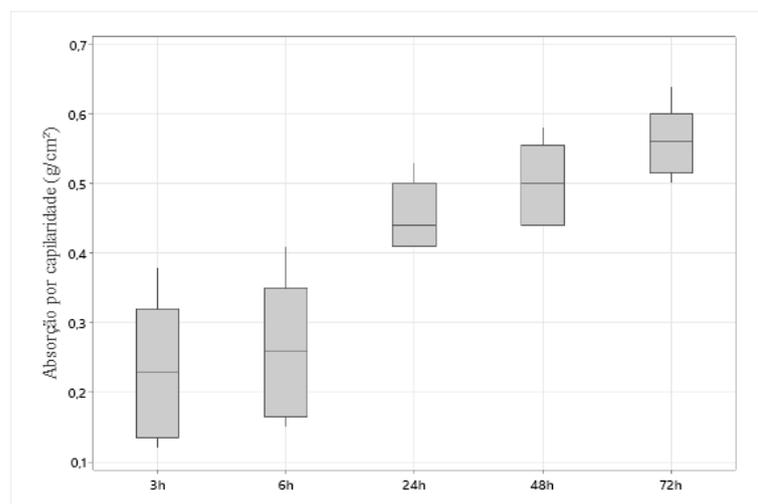
Não houveram *outliers* na capilaridade, porém é notório a maior dispersão dos valores com o tempo de exposição à água, a mediana e o intervalo entre os quartis crescem com o tempo, isso indica maior variabilidade na absorção em tempos mais prolongados, podendo afirmar que a estrutura interna dos blocos não é homogênea, havendo variações na compactação ou na porosidade (Gráficos 8, 9 e 10). O B0 apresenta maior assimétrica negativa, já o B50 assimétrica positiva e, o B100 exibiu distribuição simétrica.

Gráfico 8: *Boxplot* da capilaridade dos blocos B0.

Fonte: Autor.

Gráfico 9: *Boxplot* da capilaridade dos blocos B50.

Fonte: Autor.

Gráfico 10: *Boxplot* da capilaridade dos blocos B100.

Fonte: Autor.

A análise de variância foi dividida em relação aos tempos de ensaio (3h, 6h, 24h, 48h e 72h), nos tempos de 3h e 6h houveram diferenças significativas, já nos tempos de 24h, 48h e 72h não houveram diferenças significativas (Tabela 25).

Tabela 25: Análise de variância da absorção de água por capilaridade.

Fonte	GL	SQ Seq	Contribuição	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
3h							
Fator	2	0,08	48,49%	0,08	0,04	5,18	0,026
Erro	11	0,09	51,51%	0,09	0,01		
Total	13	0,17	100,00%				
6h							
Fator	2	0,10	52,57%	0,10	0,05	6,10	0,017
Erro	11	0,09	47,43%	0,09	0,01		
Total	13	0,18	100,00%				
24h							
Fator	2	0,06	38,87%	0,06	0,03	3,50	0,067
Erro	11	0,09	61,13%	0,09	0,01		
Total	13	0,15	100,00%				
48h							
Fator	2	0,07	40,22%	0,07	0,03	3,70	0,059
Erro	11	0,10	59,78%	0,10	0,01		
Total	13	0,16	100,00%				
72h							
Fator	2	0,06	34,64%	0,06	0,03	2,92	0,096
Erro	11	0,11	65,36%	0,11	0,01		
Total	13	0,16	100,00%				

Fonte: Autor.

Não existem diferenças significativas entre B0 e B50, nem entre B50 e B100, enquanto há diferença do B0 em relação ao B100 (Tabela 26). Portanto pode-se afirmar que a substituição de 100% e o bloco de referência tiveram resultados opostos na fase inicial (3h e 6h), sendo o B100 absorvendo menos água e ao longo do tempo todos tenderam a um resultado muito próximo.

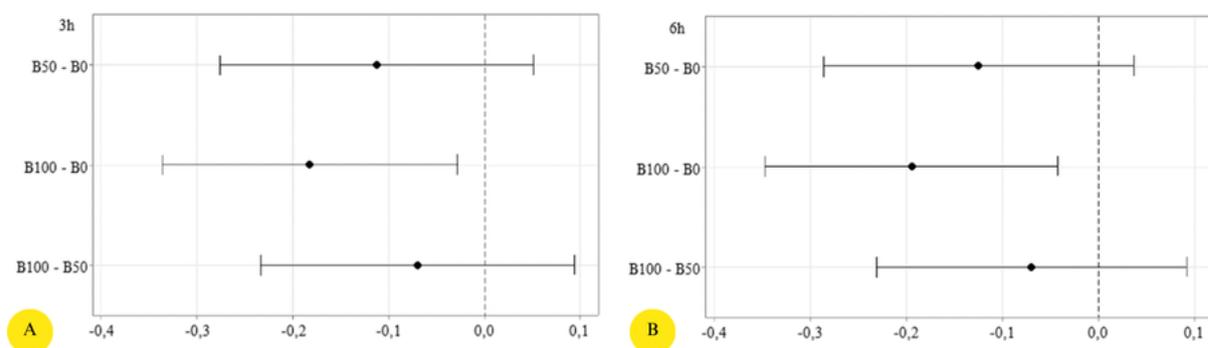
Tabela 26: Agrupamentos para absorção de água por capilaridade.

	Fator	N	Média	Agrupamento	
	B0	5	0,4100	A	
3h	B50	4	0,2975	A	B
	B100	5	0,2280		B
	B0	5	0,4520	A	
6h	B50	4	0,3275	A	B
	B100	5	0,2580		B
	B0	5	0,5740	A	
24h	B100	5	0,4520	A	
	B50	4	0,4250	A	
	B0	5	0,6440	A	
48h	B50	4	0,5050	A	
	B100	5	0,4980	A	
	B0	5	0,6600	A	
72h	B100	5	0,5580	A	
	B50	4	0,5050	A	

Fonte: Autor.

O B0 – B50 e B50 – B100 são estatisticamente iguais, já o B0 – B100 apresentam diferenças significativas (Gráfico 11).

Gráfico 11: Diferenças de médias da absorção de água. A) 3horas; B) 6horas.



Fonte: Autor.

5.4. Ensaio mecânico

5.4.1. Resistência à compressão

Inicialmente foi feita a resistência à compressão aos 7 dias de idade, sendo utilizado 3 blocos, e mais 7 blocos aos 28 dias. Foi realizada a estatística descritiva e aos 7 dias o B0 apresentou 6,09MPa, o B50 resultou 4,51MPa e o B100 alcançou 2,50MPa, já aos 28 dias 6,29MPa, 5,73MPa e 3,07MPa respectivamente (Tabela 27).

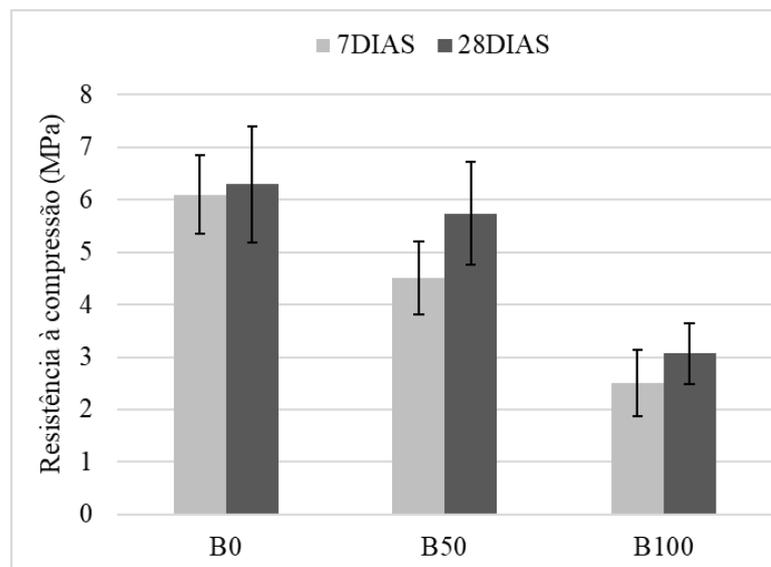
Tabela 27: Estatística descritiva da absorção de água por capilaridade.

Ensaio	Variável	N	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
7 dias	B0	3	6,09	0,75	5,43	5,43	5,93	6,9	6,9
	B50	3	4,51	0,69	4,04	4,04	4,20	5,30	5,30
	B100	3	2,50	0,63	1,87	1,87	2,49	3,14	3,14
28 dias	B0	7	6,29	1,11	5,27	5,34	5,59	7,74	10,34
	B50	7	5,73	0,98	4,75	4,94	5,37	6,74	7,23
	B100	7	3,07	0,58	2,34	2,63	2,83	3,52	4,03

Fonte: Autor.

Com o aumento dos teores de substituição a resistência reduziu, pois com a maior quantidade de conchas aumentou o índice de vazios internos, uma possível explicação é que a mistura pode ter perdido a aderência e coesão ideal existente nos agregados naturais, em que as partículas se agregam e se compactam de maneira que preenchem todos os espaços tendo o melhor aproveitamento da matriz cimentícia.

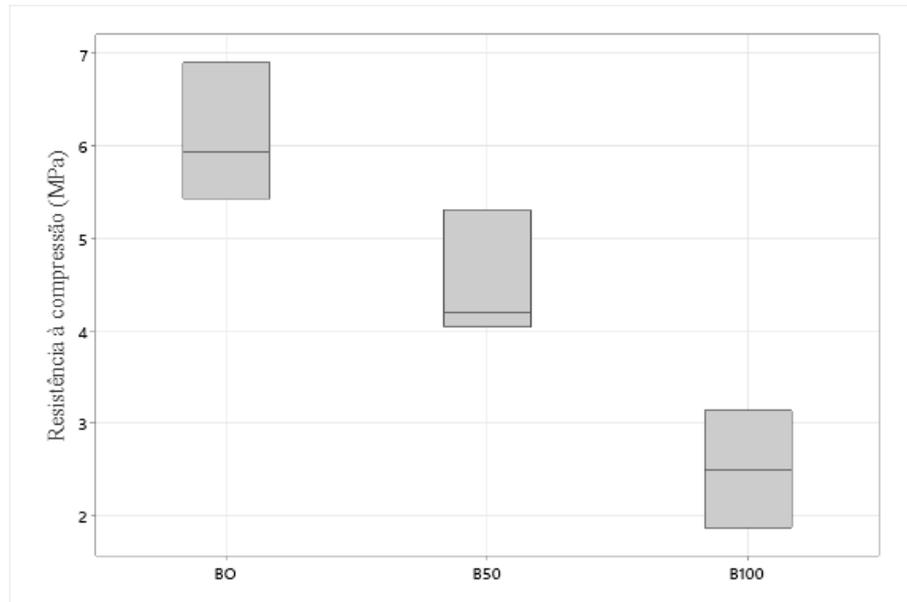
Gráfico 12: Evolução da resistência à compressão após 7 dias e 28 dias.



Fonte: Autor.

Não houveram *outliers* na resistência mecânica, porém é notório uma dispersão dos valores nos três traços (Gráfico 13), o B0 e B50 apresentam assimétrica negativa, já o B100 exibiu distribuição simétrica.

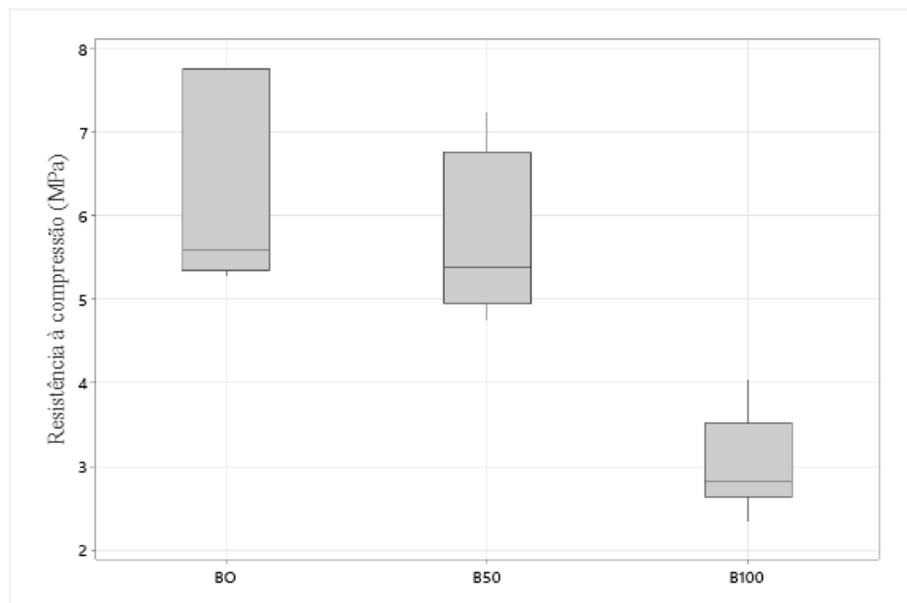
Gráfico 13: *Boxplot* da resistência à compressão após 7 dias.



Fonte: Autor.

Não houveram *outliers* na resistência mecânica aos 28 dias, porém é notório uma dispersão maior nos traços B0 e B50, enquanto o B100 foi menor (Gráfico 14), os três traços apresentaram assimétrica negativa.

Gráfico 14: *Boxplot* da resistência à compressão após 28 dias.



Fonte: Autor.

A análise de variância foi dividida em relação à idade dos blocos (7 dias e 28 dias), nas duas condições houveram diferenças significativas (Tabela 28).

Tabela 28: Análise de variância da resistência à compressão.

	Fonte	GL	SQ Seq	Contribuição	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
7 dias	Fator	2	19,39	87,13%	19,39	9,70	20,31	$2,13 \times 10^{-3}$
	Erro	6	2,86	12,87%	2,86	0,48		
	Total	8	22,26	100,00%				
28 dias	Fator	2	41,46	73,17%	41,46	20,73	24,54	$7,21 \times 10^{-6}$
	Erro	18	15,20	26,83%	15,20	0,84		
	Total	20	56,67	100,00%				

Fonte: Autor.

Não existem diferenças significativas entre B0 e B50, enquanto há diferença do B100 em relação aos outros (Tabela 29). Portanto pode-se afirmar que a substituição de 100% teve redução significativa da resistência.

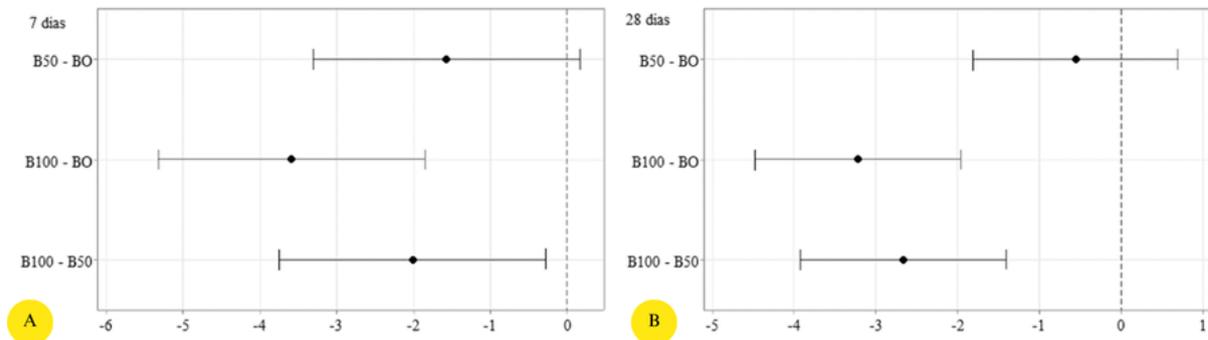
Tabela 29: Agrupamentos para resistência à compressão.

	Fator	N	Média	Agrupamento
7 dias	BO	3	6,09	A
	B50	3	4,51	A
	B100	3	2,50	B
28 dias	BO	7	6,29	A
	B50	7	5,73	A
	B100	7	3,07	B

Fonte: Autor.

O B0 – B50 são estatisticamente iguais, já o B0 – B100 e B50 – B100 apresentam diferenças significativas (Gráfico 15).

Gráfico 15: Diferenças de médias da resistência à compressão. A) 7 dias; B) 28 dias.



Fonte: Autor.

5.4. Viabilidade econômica

O custo para produzir um bloco com materiais convencionais foi de R\$2,53 (Tabela 30) por unidade, com a introdução de 50% de conchas na composição (B50), o custo por bloco reduziu-se para R\$ 2,22, representando uma economia de aproximadamente 12,25%. A maior economia foi observada no bloco B100, o custo unitário foi reduzido para R\$ 1,89, representando uma economia de 25,29% em relação ao B0. As CM não possuem custo de aquisição, porém precisam ser transportadas e trituradas, por isso foi considerado um aumento no consumo de energia elétrica e transporte, ainda assim os blocos com resíduos possuem menor custo.

Tabela 30: Custo para produção de um bloco

Descrição	Un	B0	B50	B100
		Quant. (Custo)	Quant. (Custo)	Quant. (Custo)
Cimento Portland CP II-32	Kg	1,570 (1,10)	1,570 (1,10)	1,570 (1,10)
Areia grossa	m ³	0,004 (0,53)	0,002 (0,26)	-
Pedra britada n. 0	m ³	0,002 (0,23)	0,001 (0,12)	-
Água	L	2,86 (0,03)	2,86 (0,03)	2,86 (0,03)
Servente de obras (horista)	h	0,03 (0,47)	0,03 (0,47)	0,03 (0,47)
Energia elétrica	KWh	0,16 (0,15)	0,21 (0,20)	0,25 (0,24)
Caminhão basculante (transporte)	h	0,006 (0,02)	0,011 (0,04)	0,015 (0,05)
Total		2,53	2,22	1,89

Fonte: Autor.

Para produção de 1000 blocos o B0 custa R\$2.530,00, o B50 R\$2.220,00 (economia de R\$310,00), e o B100 R\$1.890,00 (economia de R\$640,00). Considerando o descarte mensal de 79.200kg de CM, poderiam ser produzidos 16.431 blocos B50 por mês e 197.178 por ano, já o B100 tem potencial de 8.215 blocos por mês e 98.589 por ano (Tabela 31).

Tabela 31: Potencial de produção mensal e anual.

	B50		B100	
	Mensal	Anual	Mensal	Anual
Potencial de produção (blocos)	16.431	197.178	8.215	98.589
Custo de produção total (R\$)	36.478,01	437.736,10	15.527,80	186.333,61
Economia em relação ao B0 (R\$)	5.093,78	61.125,31	5.258,09	63.097,10
Área construída (m ²)	1.369,29	16.431,54	684,65	8.215,77

Fonte: Autor.

6. CONCLUSÕES

É possível concluir que essa problemática é presente no município de Igarassu-PE há bastante tempo, já que existem vários pontos de descarte inadequado e esse hábito provoca impactos ambientais e sociais, como decomposição de matéria orgânica, produção de gases (metano, dióxido de carbono e sulfeto de hidrogênio), proliferação de vetores, assoreamento dos corpos hídricos.

É notório que o município está carente de educação ambiental, que poderia promover mudanças para uma gestão mais eficiente. A presença de resíduos em áreas escondidas da cidade, como no manguezal, ocorre devido à conveniência de descartá-los em locais de difícil acesso, onde há pouca fiscalização e não é necessário transporte adequado para o descarte correto. Os órgãos fiscalizadores junto com a prefeitura, associação e colônia de pescadores deveriam colaborar em conjunto em pró de uma gestão integrada eficiente, aliado a isso ainda existe o potencial de parceria com empresas privadas, principalmente no setor da construção civil.

O levantamento topográfico realizado na Praia de Mangue Seco permitiu estimar com precisão o volume acumulado de conchas descartadas por marisqueiras ao longo do tempo, totalizando 268,28 m³, equivalente a aproximadamente 392.139,51 kg. A análise histórica, comparada aos dados de 2020, evidenciou uma redução significativa no volume, possivelmente associada à atuação mais recente da prefeitura na remoção periódica desse resíduo. Considerando a produção média mensal de 79.200 kg por cerca de 44 marisqueiras, conclui-se que o descarte é contínuo e volumoso, reforçando a urgência por alternativas sustentáveis de reaproveitamento, como a inserção desse material na construção civil.

As conchas passaram por um tratamento e preparação para depois serem incorporadas aos blocos, buscando desenvolver um material granular semelhante a um agregado miúdo e graúdo, então foi seco, triturado e peneirado, sua massa específica foi de 2,63 g/cm³, ficando próximo dos agregados naturais, a massa unitária resultou 1461,68 kg/m³, também estando próximo dos agregados naturais.

Observou-se que sua estrutura e composição morfológica possui características que precisam de atenção, a imitação da curva granulométrica para partículas esféricas com agregados não esféricos das conchas pode ser prejudicial em termos de porosidade do concreto e resistência à compressão.

A análise dimensional dos blocos foi satisfatória atendendo as dimensões mínimas, já a absorção de água foi dividida em dois ensaios, por imersão e por capilaridade, na absorção por imersão o B0 foi mais eficiente, absorvendo menos 6,69%, seguido do B50 que foi de 7,46% e do B100 de 8,83%, que ainda está em conformidade com a norma. A absorção por capilaridade mostrou que o B0 apresentou a maior absorção de água ao longo de todo o ensaio, enquanto o B100 inicialmente reteve uma quantidade menor, mas após 48 horas sua absorção se aproximou da do B0. Já o B50 permaneceu em um nível intermediário durante todo o período do teste.

O ensaio de resistência à compressão foi realizado em uma idade controle de 7 dias, já obtendo resultados significativos, o B0 apresentou 6,09MPa, o B50 resultou 4,51MPa e o B100 alcançou 2,50MPa e, aos 28 dias o B100 alcançou 3,07MPa, o B50 5,73MPa e o B0 6,29MPa, constatou-se que os blocos B100 possuem potencial de serem utilizados em obras de edificações como alvenaria de vedação (Classe C), com resistência acima de 3,00 MPa (apto também pela absorção de água, com média abaixo de 10,0%), já os blocos B50 alcançaram Classe B, resistência entre 4,00 MPa e 8,00 MPa (apto também pela absorção de água, com média abaixo de 9,0%).

A análise da viabilidade econômica na produção de blocos de concreto com conchas marinhas demonstrou que a substituição parcial ou total dos agregados convencionais por este resíduo resulta em significativa redução de custo unitário. O bloco convencional (B0) apresenta custo de R\$ 2,53 por unidade, enquanto o B50 (50% concha) custa R\$ 2,22 e o B100 (100% concha), R\$ 1,89. Considerando a disponibilidade anual de 950.400 kg de conchas, seria possível produzir aproximadamente 98.589 blocos do tipo B100, promovendo economia e destino ambientalmente adequado a um resíduo que atualmente é descartado sem tratamento. Isso evidencia o potencial da economia circular e a oportunidade de geração de valor por meio do reaproveitamento de resíduos na construção civil.

REFERÊNCIAS

- ABDALLA, Fernando Antônio; FREIRE SAMPAIO, Antônio Carlos. Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular. **Entorno Geográfico**, [s. l.], n. 15, p. 82, 2018.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos**. Rio de Janeiro: 2016.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto - Requisitos**. Rio de Janeiro: 2022a.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade**. Rio de Janeiro: 2013a.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: 2013b.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro: 2017.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916: Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água**. Rio de Janeiro: 2021a.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16917: Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água**. Rio de Janeiro: 2021b.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972: Agregados — Determinação da massa unitária e do índice de vazios**. Rio de Janeiro: 2021c.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054: Agregados — Determinação da composição granulométrica — Método de ensaio**. Rio de Janeiro: 2022b.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054: Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio**. Rio de Janeiro: 2022c.
- ALMEIDA, Luiza Flores Soares de; ANACLETO, Marielly Gonçalves; COSTA, Willian Alessandro Camolesi da. **Estudo da viabilidade da utilização de lodo de ETA em blocos vazados de concreto por meio da avaliação de propriedades mecânicas e acústica**. 2017. - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.
- ALVARENGA, Rodrigo Augusto Freitas de *et al.* The recycling of oyster shells: An environmental analysis using Life Cycle Assessment. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 106, p. 102–109, 2012.

ALVES, José Luiz *et al.* Productive performance of brown mussels *Perna perna* (Linnaeus, 1758) cultivated on ropes at low densities in Caraguatatuba, Brazil. **Aquaculture Research**, [s. l.], v. 51, n. 8, p. 3297–3304, 2020.

ALVES, Rômulo Romeu da Nóbrega; NISHIDA, Alberto Kioharu. A ecdise do caranguejo-uçá, *ucides cordatus* L. (decapoda, brachyura) na visão dos caranguejeiros. **Interciencia**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 110–117, 2002. Disponível em: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442002000300003. Acesso em: 1 dez. 2024.

ARTISMO, Thaynã Vilasboa; BRAGA, Fábio de Oliveira; ROCHA, Camila Aparecida Abelha. Physical-mechanical behavior of workable mortars with *Perna perna* mussel shell as fine aggregate. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 418, p. 135411, 2024.

ASAOKA, Satoshi *et al.* Removal of hydrogen sulfide using crushed oyster shell from pore water to remediate organically enriched coastal marine sediments. **Bioresource Technology**, [s. l.], v. 100, n. 18, p. 4127–4132, 2009.

AVELINE, L. C. Fauna de manguezais brasileiros. **Revista Brasileira de Geografia**, [s. l.], v. 42, n. 4, 1980.

BALKEMA, Annelies J *et al.* Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems. **Urban Water**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 153–161, 2002.

BARRETO, José Maurício Lima *et al.* Análise das propriedades físicas e mecânicas de blocos de concreto prensados sem função estrutural com incorporação de PET reciclado. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [s. l.], v. 24, n. 2, 2019.

BASTOS, Felipe *et al.* Study case about the production of masonry concrete blocks with CDW and kaolin mining waste. **AIMS Materials Science**, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 990–1004, 2021.

BENITTEZ, Leandro Henrique *et al.* Bloco de concreto com incorporação de escória de aciaria BSSF: um estudo para substituição de agregados naturais. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, [s. l.], v. 59, n. 3, p. 785, 2022.

BORO, Jutika; THAKUR, Ashim J.; DEKA, Dhanapati. Solid oxide derived from waste shells of *Turbonilla striatula* as a renewable catalyst for biodiesel production. **Fuel Processing Technology**, [s. l.], v. 92, n. 10, p. 2061–2067, 2011.

BOUDJELLAL, Khaled; BOUABAZ, Mohamed; BENSEBTI, Salah Eddine. Formulation of a Concrete Based on Grinded Seashells as Partial Substitution for Sand. **Civil and Environmental Engineering Reports**, [s. l.], v. 30, n. 4, p. 56–71, 2020.

BOZBAŞ, Seda Karayünlü; BOZ, Yasemin. Low-cost biosorbent: *Anadara inaequalis* shells for removal of Pb(II) and Cu(II) from aqueous solution. **Process Safety and Environmental Protection**, [s. l.], v. 103, p. 144–152, 2016.

BRASIL. Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007. **Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais.**: n. 6.040, 8 fev.

2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6040.htm. Acesso em: 2 dez. 2024.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.**: n. 9.605, 12 fev. 1998. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 2 dez. 2024.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**: n. 9.985, 18 jul. 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 2 dez. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.**: n. 12.305, 2 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 2 dez. 2024.

CAIRNS, Stephanie; OGDEN, Meg; MCFATRIDGE, Scott. GETTING TO A CIRCULAR ECONOMY: A PRIMER FOR CANADIAN POLICYMAKERS. **Smart Prosperity Institute**, [s. l.], v. 1st ed, p. 1–34, 2018. Disponível em: <https://institute.smartprosperity.ca/sites/default/files/spipolicybrief-circulareconomy.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2025.

CHEN, Bingcheng *et al.* Improving the mechanical properties of mussel shell aggregate concrete by aggregate modification and mixture design. **Case Studies in Construction Materials**, [s. l.], v. 18, p. e02017, 2023a.

CHEN, Bingcheng *et al.* Synergetic recycling of recycled concrete aggregate and waste mussel shell in concrete: Mechanical properties, durability and microstructure. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 371, p. 130825, 2023b.

CHIOU, I.J.; CHEN, C.H.; LI, Y.H. Using oyster-shell foamed bricks to neutralize the acidity of recycled rainwater. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 64, p. 480–487, 2014.

CHOI, Soo Hyun *et al.* Toward transformation of bivalve shell wastes into high value-added and sustainable products in South Korea: A review. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, [s. l.], v. 129, p. 38–52, 2024.

CIDREIRA-NETO, Ivo Raposo Gonçalves; FRAGOSO, Marília Lacerda Barbosa; RODRIGUES, Gilberto Gonçalves. Pesca artesanal do marisco no litoral paraibano: relações socioambientais e tecnologias sociais. **Revista de Geografia**, [s. l.], v. 36, n. 1, 2019.

CRUZ, Carlos Oliveira; GASPAR, Patrícia; BRITO, Jorge de. On the concept of sustainable sustainability: An application to the Portuguese construction sector. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 25, p. 100836, 2019.

CSN CIMENTOS. **CIMENTO PORTLAND - FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS – FISQP**. [s. l.]: CSN CIMENTOS, 2023.

CUNHA, A. L. X. **Reciclagem dos Rejeitos da Atividade de Mariscagem: Uso na Indústria de Blocos Pré-Moldados de Concreto**. 2020. - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2020.

DENADAI, Márcia Regina *et al.* Veneridae (Mollusca, Bivalvia) da costa norte do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, [s. l.], v. 6, n. 3, 2006.

DENG, Ziming *et al.* Engineering Properties of PVA Fibre-Reinforced Geopolymer Mortar Containing Waste Oyster Shells. **Materials**, [s. l.], v. 15, n. 19, p. 7013, 2022.

DING, Grace K.C. Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 86, n. 3, p. 451–464, 2008.

ELKINGTON, John. **Cannibals With Forks : Triple Bottom Line of 21st Century Business**. [S. l.]: Capstone, 1997.

FAGUNDES, Tainã Fabiane da Silva; SILVA, Lucineide Balbino da. Potencial uso dos resíduos de conchas de moluscos: uma revisão. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. e43011326614, 2022.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022, Towards Blue Transformation**. Rome: FAO, 2022.

FIORITI, C. *et al.* Bloques de mampostería de hormigón liviano fabricados con caucho de neumáticos y metacaolín. **Revista ingeniería de construcción**, [s. l.], v. 35, n. 3, p. 295–307, 2020. Disponível em: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732020000300295&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

FONSECA, Thales Daniel dos Santos *et al.* DESENVOLVIMENTO DE ARGAMASSA TERMOISOLANTE PARA REVESTIMENTO DE PAREDES DE ALVENARIA EM EDIFICAÇÕES COM USO DE AREIA DE BRITAGEM E VERMICULITA. *In: , 2023. Anais [...]*. [S. l.: s. n.], 2023.

FOXON, TJ *et al.* Useful indicators of urban sustainability: Some methodological issues. **Local Environment**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 137–149, 1999.

GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; RICARTE, Ivan Luiz Marques. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA: CONCEITUAÇÃO, PRODUÇÃO E PUBLICAÇÃO. **Logeion: Filosofia da Informação**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 57–73, 2019.

GEISSDOERFER, Martin *et al.* The Circular Economy – A new sustainability paradigm?. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 143, p. 757–768, 2017.

GINTING, Samuel Breba. Penyelidikan Berat Jenis dan Daya Serap Untuk Agregat Halus. **JUTEKS : Jurnal Teknik Sipil**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 12, 2022.

GOMES, Paulo César Correia *et al.* Obtenção de blocos de concreto com utilização de resíduos reciclados da própria fabricação dos blocos. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 267–280, 2017.

GONÇALVES, Teresa Diaz; MACHADO, José Saporiti. Origins of the Sustainability Concept and Its Application to the Construction Sector in the EU. **Sustainability**, [s. l.], v. 15, n. 18, p. 13775, 2023.

GORSKI, Débora Pires *et al.* Impacto da adição de argamassa isolante nas propriedades termomecânicas de blocos de concreto de vedação vertical. **E&S Engineering and Science**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 25–40, 2019.

GUIMARÃES, Ana Cláudia Pinto Dabés *et al.* Granular Skeleton Optimisation and the Influence of the Cement Paste Content in Bio-Based Oyster Shell Mortar with 100% Aggregate Replacement. **Sustainability**, [s. l.], v. 16, n. 6, p. 2297, 2024.

HAN, Yi; LIN, Runsheng; WANG, Xiao-Yong. Sustainable mixtures using waste oyster shell powder and slag instead of cement: Performance and multi-objective optimization design. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 348, p. 128642, 2022.

HELLSTRÖM, Daniel; JEPPSSON, Ulf; KÄRRMAN, Erik. A framework for systems analysis of sustainable urban water management. **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 311–321, 2000.

HER, Sungwun *et al.* Synthesis and characterization of cement clinker using recycled pulverized oyster and scallop shell as limestone substitutes. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 278, p. 123987, 2021.

IBGE. **Cidades e Estados - Igarassu/PE**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/igarassu.html>. Acesso em: 2 dez. 2024.

IGARASSU. Decreto nº 113, de 25 de novembro de 2004. **Delimita a Área de Proteção Ambiental Nova Cruz – APA NOVA CRUZ e institui seu Zoneamento Ambiental e Conselho Gestor**: n. 113, 25 nov. 2004.

IGARASSU. Lei nº 2.466, de 03 de novembro de 2003. **Institui a planta diretora de Igarassu e dá outras providências**: n. 2.466, 3 nov. 2003. Disponível em: https://conjuntosurbanospe.com.br/wp-content/uploads/20131203205336_lei-2466-plantadiretoradeIgarassu.pdf. Acesso em: 2 dez. 2024.

KAEWDAENG, Sasiprapha; SINTUYA, Panlop; NIRUNSIN, Rotjapun. Biodiesel production using calcium oxide from river snail shell ash as catalyst. **Energy Procedia**, [s. l.], v. 138, p. 937–942, 2017.

KHALFAN, M.M.A. Sustainable Development and Sustainable Construction, . **Loughborough University**, [s. l.], 2001.

KHIRI, Mohammad Zulhasif Ahmad *et al.* Soda lime silicate glass and clam Shell act as precursor in synthesise calcium fluoroaluminosilicate glass to fabricate glass ionomer cement with different ageing time. **Journal of Materials Research and Technology**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 6125–6134, 2020.

KONG, Jiafeng *et al.* Recycling of waste oyster shell and recycled aggregate in the porous ecological concrete used for artificial reefs. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 323, p. 126447, 2022.

LANDMAN, M. Breaking through the Barriers to Sustainable Building: Insights from Building Professionals on Government Initiatives to Promote Environmentally Sound Practices. **MA thesis of Arts in Urban and Environmental Policy**, [s. l.], 1999.

LATA, L.F.L.B; ROCHA, C.A.A. PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADO MIÚDO DE CASCA DE MEXILHÃO. **ENCONTRO NACIONAL DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO.**, [s. l.], v. 6, n. 1, 2023.

LEE, Chang Hoon *et al.* Effects of oyster shell on soil chemical and biological properties and cabbage productivity as a liming materials. **Waste Management**, [s. l.], v. 28, n. 12, p. 2702–2708, 2008.

LIAO, Yingdi *et al.* Experiment research on effect of oyster shell particle size on mortar transmission properties. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 375, p. 131012, 2023a.

LIAO, Yingdi *et al.* Particle Size Effect of Oyster Shell on Mortar: Experimental Investigation and Modeling. **Materials**, [s. l.], v. 14, n. 22, p. 6813, 2021.

LIAO, Yingdi *et al.* Research on properties of waste oyster shell mortar: The effect of calcination temperature of oyster shell powder. **Case Studies in Construction Materials**, [s. l.], v. 19, p. e02639, 2023b.

LIAO, Yingdi *et al.* Research on properties of waste oyster shell mortar: The effect of calcination temperature of oyster shell powder. **Case Studies in Construction Materials**, [s. l.], v. 19, p. e02639, 2023c.

LIMA, Severino Adriano Oliveira; ANDRADE, Humber Agrelli. Zoneamento da área extrativista mais produtiva da Anomalocardia flexuosa (Linnaeus, 1767) (Mollusca: Bivalvia) no mundo. **Biotemas**, [s. l.], v. 31, n. 3, p. 33–41, 2018.

LIMA, Aduino José Miranda de; IWAKIRI, Setsuo. Utilização de resíduos da madeira de Pinus spp. como substituição ao agregado miúdo na produção de blocos de concreto para alvenaria estrutural. **Ciência Florestal**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 223–235, 2014.

LIU, Ruiwen *et al.* Hardened properties of mortar mixtures containing pre-treated waste oyster shells. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 266, p. 121729, 2020.

LIU, Ruiwen *et al.* Properties of mortar containing polyvinyl alcohol pretreated waste oyster shells with various concentrations. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 363, p. 129879, 2023.

LIU, Shanglai *et al.* Sustainable Use of Waste Oyster Shell Powders in a Ternary Supplementary Cementitious Material System for Green Concrete. **Materials**, [s. l.], v. 15, n. 14, p. 4886, 2022.

LIU, Hua-Yueh; WU, Han-Sheng; CHOU, Chen-Pei. Study on engineering and thermal properties of environment-friendly lightweight brick made from Kinmen oyster shells & sorghum waste. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 246, p. 118367, 2020.

MAGLAD, Ahmed M. *et al.* Assessing the mechanical, durability, thermal and microstructural properties of sea shell ash based lightweight foamed concrete. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 402, p. 133018, 2023.

MARAR, Khaled; EREN, Özgür. Effect of cement content and water/cement ratio on fresh concrete properties without admixtures. **International Journal of the Physical Sciences**, [s. l.], v. 6, 2011.

MARTÍNEZ-GARCÍA, Carolina *et al.* Performance of mussel shell as aggregate in plain concrete. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 139, p. 570–583, 2017.

MENDONÇA, Ana Maria Gonçalves Duarte *et al.* Incorporation of Micronized Polyethylene Terephthalate in Structural Concrete Blocks. **Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering**, [s. l.], v. 47, n. 3, p. 1567–1583, 2023.

MESQUITA, Leonardo Carvalho *et al.* ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s. l.], v. 10, n. 3, 2015.

MOHER, David *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **International Journal of Surgery**, [s. l.], v. 8, n. 5, p. 336–341, 2010.

MONTEIRO, Monica. **Economia Circular**. 20. ed. Lisboa: Start & Go, 2018. v. 1

MONTELES, Josinete Sampaio *et al.* Percepção socio-ambiental das marisqueiras no município de Raposa, Maranhão, Brasil. **Bras. Eng. Pesca**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 2175–3008, 2009. Disponível em: www.sumarios.org.

MOTTOLA, Leticia Salua Maraschin *et al.* Conhecimento local e pesca de maçunim (Anomalocardia flexuosa) no sistema estuarino-lagunar do Roteiro, Alagoas - Brasil. **Gaia Scientia**, [s. l.], v. 14, n. 3, 2020.

NAQI, Ali *et al.* Examining the potential of calcined oyster shell waste as additive in high volume slag cement. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 230, p. 116973, 2020.

NGII, E *et al.* The effect of clamshells partial substitution of coarse aggregates on the mechanical properties of shellfish concrete (Berang). **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, [s. l.], v. 419, n. 1, p. 012064, 2020.

NIJMAN, Vincent. Souvenirs, Shells, and the Illegal Wildlife Trade. **Journal of Ethnobiology**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 282, 2019.

NORAZLINA, H.; FAHMI, A.R.M.; HAFIZUDDIN, W.M. CaCO₃ FROM SEASHELLS AS A REINFORCING FILLER FOR NATURAL RUBBER. **Journal of Mechanical Engineering and Sciences**, [s. l.], v. 8, p. 1481–1488, 2015.

OIT—INTERNACIONAL DO TRABALHO. **Decent work**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.ilo.org/topics/decent-work>. Acesso em: 19 mar. 2025.

OLIVEIRA, Bruno Marcel Carneval de. **A gestão dos resíduos da mariscagem pernambucana**. 2016. - Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, 2016.

OLIVEIRA, Jordana de; SCHREIBER, Dusan; JAHNO, Vanusca Dalosto. Circular Economy and Buildings as Material Banks in Mitigation of Environmental Impacts from Construction and Demolition Waste. **Sustainability**, [s. l.], v. 16, n. 12, p. 5022, 2024.

OSSIO, Felipe; SALINAS, Carlos; HERNÁNDEZ, Héctor. Circular economy in the built environment: A systematic literature review and definition of the circular construction concept. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 414, p. 137738, 2023.

PADILHA, Stael Amaral; PALIGA, Charlei Marcelo; TORRES, Ariela Silva. POTENCIALIDADE DO USO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ EM BLOCOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL: DE ACORDO COM AS NORMAS BRASILEIRAS. **Revista de Estudos Ambientais**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 17, 2019.

PADILLA, Isabel; LÓPEZ-DELGADO, Aurora; ROMERO, Maximina. Glass Lightweight Aggregates from Glass Cullet and Mining and Food Industry Carbonate Waste. **Materials**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 1223, 2022.

PERNAMBUCO. Lei nº 13.787, de 8 de junho de 2009. **Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza – SEUC, no âmbito do Estado de Pernambuco, e dá outras providências**: n. 13.787, jun. 2009. Disponível em: <https://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?tiponorma=1&numero=13787&complemento=0&ano=2009&tipo=&url=>. Acesso em: 2 dez. 2024.

PERNAMBUCO. Lei nº 14.236, de 13 de dezembro de 2010. **Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências**.: n. 14.236, 3 dez. 2010. Disponível em: https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/Leis/Lei_Federal_8.630.1993.pdf. Acesso em: 2 dez. 2024.

PRAZERES, Mariana de Sousa. **Estudo comparativo entre blocos de concreto para alvenaria de vedação comuns e blocos de concreto com adição de papel reciclado**. 2018. - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Buildings: investing in energy and resource efficiency**. [S. l.]: In: Towards a Green Economy: pathways to sustainable development and poverty eradication, 2012.

RIADI, Septa; WAHYUDIN, Yudi; ARKHAM, M. Nur. Review literature: Policy of backing for trading ornament corals and anemon by the ministry of marine and fisheries affairs. **Coastal and Ocean Journal (COJ)**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 83–90, 2018.

ROCHA, Fabiano Melo Duarte *et al.* Pré-moldado (bloco EVAi) para alvenaria intertravada: projeto, produção, desempenho e simulação de uso em habitação social. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 47–60, 2013.

RODRÍGUEZ-GALÁN, Mónica *et al.* Synthetic Slag Production Method Based on a Solid Waste Mix Vitrification for the Manufacturing of Slag-Cement. **Materials**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 208, 2019.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezais brasileiros**. 1991. Tese de livre docência - USP, São Paulo, 1991.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: Ecossistema entre a Terra e o Mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995.

SCHEIFER, Danielle Melo; CALLEJAS, Ivan Julio Apolonio. Caracterização física e mecânica de blocos de concreto com incorporação de areia de resíduo de construção civil. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [s. l.], v. 26, n. 4, 2021.

SICKELS-TAVES, Lauren B.; SHEEHAN, Michael S. **The Lost Art of Tabby Redefined: Preserving Oglethorpe's Architectural Legacy**. 1. ed. Southfield, MI, USA: Architectural Conservation Press, 1999.

SILVA, Thamyres H. *et al.* The Potential Use of Oyster Shell Waste in New Value-Added By-Product. **Resources**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 13, 2019.

SILVA, Adriana Cláudia Câmara da; DANTAS, Renilson Targino. Uma abordagem sobre a gestão integrada e participativa dos recursos pesqueiros com a contribuição do modelo TRADE-OFF. **HOLOS**, [s. l.], v. 1, p. 73–83, 2013.

SILVEIRA, Pedro Castelo Branco *et al.* Estuário, paisagem-fluxo de pescadores artesanais. **ILUMINURAS**, [s. l.], v. 14, n. 34, 2013.

SOLTANZADEH, Fatemeh *et al.* Development and characterization of blended cements containing seashell powder. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 161, p. 292–304, 2018.

SONG, Qingnan *et al.* Properties of water-repellent concrete mortar containing superhydrophobic oyster shell powder. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 337, p. 127423, 2022.

SOUSA, Ana Karolina Ribeiro *et al.* Confirmação de sinonimia via DNA barcoding de *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) para *Anomalocardia flexuosa* (Linnaeus, 1767) na Ilha de Upaonaçu, Maranhão, Brasil. *In: A GENÉTICA E A CONSTRUÇÃO DE NOVOS PARADIGMAS NAS CIÊNCIAS DA VIDA 2*. [S. l.]: Atena Editora, 2021. p. 18–30.

SOUSA, Maryane de Sousa; CALDEIRA, Rossela Damasceno. Marisqueiras da cidade de Curuçá, Estado do Pará: uma abordagem socioeconômica, produtiva e ambiental. **Mundo Amazônico**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. e101491, 2024.

SOUTO, Francisco José Bezerra; MARTINS, Viviane Souza. Conhecimentos etnoecológicos na mariscagem de moluscos bivalves no Manguezal do Distrito de Acupe, Santo Amaro - BA. **Biotemas**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 207, 2009.

STEL'MAKH, Sergey *et al.* Composition, Technological, and Microstructural Aspects of Concrete Modified with Finely Ground Mussel Shell Powder. **Materials**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 82, 2022.

TAHIR, Muhammad Ilham *et al.* Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang sebagai Substitusi Agregat Kasar dengan Bahan Tambah Superplasticizer terhadap Kuat Tekan. **Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik**, [s. l.], v. 2, n. 5, p. 42–54, 2024.

TAYEH, Bassam A. *et al.* Durability and mechanical properties of seashell partially-replaced cement. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 31, p. 101328, 2020.

TERRA, Isabelle Cristine de Carvalho *et al.* Mining waste and coconut fibers as an eco-friendly reinforcement for the production of concrete blocks. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 30, n. 22, p. 62641–62652, 2023.

TILIK, Lina Flaviana *et al.* The Effect of Shell as a Substitution of Coard Aggregate with Superplasticizer Additional on the Compression Strength of Concrete. *In:*, 2022. **Anais [...]**. [S. l.: s. n.], 2022.

TIMM, Janaine Fernanda Gaelzer; MACIEL, Vinícius Gonçalves; PASSUELLO, Ana. Towards Sustainable Construction: A Systematic Review of Circular Economy Strategies and Ecodesign in the Built Environment. **Buildings**, [s. l.], v. 13, n. 8, p. 2059, 2023.

UMOH, Akaninyene A.; UJENE, Anthony O. Improving the strength performance of high volume periwinkle shell ash blended cement concrete with sodium nitrate as accelerator. **Journal of Civil Engineering, Science and Technology**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 18–22, 2015.

UNSTATS—UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION. **Global indicator framework for the Sustainable Development Goals and targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development**. [S. l.], 2023. Disponível em: https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%202023%20refinement_Eng.pdf. Acesso em: 2 dez. 2024.

VENKATESH, G. *et al.* Metabolism-modelling approaches to long-term sustainability assessment of urban water services. **Urban Water Journal**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 11–22, 2017.

WANG, Qiang *et al.* Effect of clam shell from kitchen waste on the synthesis, performance, and hydration of cementitious clinker. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 323, p. 126588, 2022.

WANG, Her-Yung *et al.* Study of the material properties of fly ash added to oyster cement mortar. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 41, p. 532–537, 2013.

WANG, Junjie; LIU, Engui. Upcycling waste seashells with cement: Rheology and early-age properties of Portland cement paste. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 155, p. 104680, 2020.

WU, Qiong *et al.* Adsorption of copper to different biogenic oyster shell structures. **Applied Surface Science**, [s. l.], v. 311, p. 264–272, 2014.

WURIE, Nadia N.; ZHENG, Junjie; TRAORE, Abdoul Fatah. Mechanical, Leaching, and Microstructure Properties of Mine Waste Rock Reinforced and Stabilised with Waste Oyster Shell for Road Subgrade Use. **Materials**, [s. l.], v. 15, n. 8, p. 2916, 2022.

YANG, Eun-Ik *et al.* Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term performance of concrete. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 24, n. 5, p. 758–765, 2010.

ZHANG, Zichen *et al.* Improvement effects of treating with calcined oyster shell and carbonized cow dung compost on clay with high water content. **Case Studies in Construction Materials**, [s. l.], v. 17, p. e01654, 2022.

ZHANG, Jun *et al.* Preparation and characterization of nano/micro-calcium carbonate particles/polypropylene composites. **Journal of Applied Polymer Science**, [s. l.], v. 119, n. 6, p. 3560–3565, 2011.

ZHANG, Yan *et al.* Study on engineering properties of foam concrete containing waste seashell. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 260, p. 119896, 2020.

ZHANG, Gui-Yu; LIN, Run-Sheng; WANG, Xiao-Yong. Effect of waste oyster shell powder on the properties of alkali-activated slag–waste ceramic geopolymers. **Journal of Materials Research and Technology**, [s. l.], v. 22, p. 1768–1780, 2023.