



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JESSICA ZAGUI
MAITÉ CARLIM MOURA

ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DE AREIA DA PRAIA APLICADA ÀS
ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E DE REVESTIMENTO

PONTAL DO PARANÁ

2023

JESSICA ZAGUI
MAITÊ CARLIM MOURA

ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DE AREIA DA PRAIA APLICADA ÀS
ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E DE REVESTIMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil pelo Campus Avançado Pontal do Paraná – Centro de Estudos do Mar, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dr(a). Elizabete Y.N. Bavastri

PONTAL DO PARANÁ

2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR

Z18a Zagui, Jessica
Análise da viabilidade do uso da areia da praia aplicada às argamassas de assentamento e de revestimento / Jessica Zagui, Maitê Carlim Moura. – Pontal do Paraná, 2023.
1 arquivo [73 f.] : PDF.

Orientadora: Profa. Dra. Elizabete Yukiko Nakanishi Bavastri

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Curso de Engenharia Civil.

1. Construção civil. 2. Argamassa. 3. Areia. 4. Alvenaria. I. Moura, Maitê Carlim. II. Bavastri, Elizabete Yukiko Nakanishi. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.

620.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ATA DE REUNIÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

Jéssica Zagui e Maitê Carlim Moura

“ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DE AREIA DA PRAIA APLICADA ÀS ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E DE REVESTIMENTO”

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:

Profa. Dra. Elizabete Yukiko Nakanishi Bavastrri
Prof. Orientador - CPP-CEM/UFPR

Enga. Civil Nadiely da Silva

Eng. Civil Daniel Cristiano Volanick

Prof. M.e. Aldo Leonel Temp
Unipampa

Eng. Segurança Cesar David Castilho Correia de Freitas

Pontal do Paraná, 03 de março de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **ELIZABETE YUKIKO NAKANISHI BAVASTRI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/03/2023, às 09:46, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Nadiely da Silva, Usuário Externo**, em 15/03/2023, às 14:52, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **DANIEL CRISTIANO VOLANICK, Usuário Externo**, em 16/03/2023, às 12:22, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Aldo Temp civilmente Aldo Leonel Temp, Usuário Externo**, em 11/09/2023, às 19:59, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **CESAR DAVID CASTILHO CORREIA DE FREITAS civilmente CESAR CASTILHO, Usuário Externo**, em 23/10/2023, às 14:39, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **5328038** e o código CRC **F54A15EA**.

AGRADECIMENTOS

Eu, Jessica, agradeço aos meus pais, por todo o apoio, incentivo e paciência dedicada em todos esses anos de graduação.

Ao meu namorado, Wellington, por ter tomado para si o meu sonho e acreditado no meu potencial quando eu mesma não acreditava.

Aos meus colegas de graduação por ter me proporcionado momentos de leveza e por toda ajuda durante o curso.

Agradeço a minha parceira de projeto, Maitê, pelo esforço e pela amizade nesse período desafiador. Sem você não seria possível essa conquista.

À Universidade Federal do Paraná, por fornecer a estrutura necessária e compreensão em tempos difíceis, proporcionando assistência, acessibilidade e inclusão a todos os alunos.

Eu, Maitê, à minha família, por estar ao meu lado desde o início da jornada escolar até o alcance acadêmico, fornecendo todo o apoio, carinho e paciência, nos momentos em que mais precisei.

Aos meus amigos, por sempre me encorajarem a alcançar os meus objetivos, enaltecendo minhas qualidades e tornando as dificuldades granulométricas.

À minha companheira de projeto Jessica Zagui, por desempenhar tão importante papel no final deste ciclo acadêmico, não somente na construção do presente trabalho, como no suporte emocional para realizarmos esta conquista.

À professora e orientadora Dra. Elizabete Yukiko Nakanishi Bavastri, por ter aceitado nos guiar neste desafio, sendo a nossa orientadora e por ter desempenhado tal função com maestria, dedicação e amizade, não medindo esforços para prestar os devidos auxílios.

RESUMO

O escopo principal deste estudo é analisar a viabilidade da utilização de areia da praia (Pontal do Paraná) em argamassas de revestimento para alvenaria, devido ao crescente aumento na escassez de agregados miúdos naturais para a confecção de argamassas e concretos. Este tipo de sedimento é encontrado em abundância em áreas litorâneas como no litoral paranaense, tendo como foco o município de Pontal do Paraná. Para os ensaios laboratoriais, foram coletadas areias da praia e água marinha em diferentes pontos dos balneários da região. Assim, foram realizadas a caracterização das areias como ensaios granulométricos, ensaios de massa unitária e massa específica, moldagem de 07 (sete) tipos de traços de argamassas realizando ensaios no estado fresco de consistência e no estado endurecido, permeabilidade pelo método do cachimbo e absorção de água inicial. Ao final, verificou-se que as areias estudadas possuem granulometria fina com elevada porcentagem de grãos que ficam retidos em uma peneira, promovendo curva granulométrica com grãos descontínuos e excesso de finos. Ademais, usando areias da praia nos ensaios de permeabilidade e de absorção de água resultaram em maiores porcentagens de penetração da água quando comparados com a argamassa usando areia natural adquirida no comércio local.

PALAVRAS-CHAVE: Argamassas. Areia Marinha. Água marinha.

ABSTRACT

The main scope of this study is to analyze the viability of using beach sand (Pontal do Paraná) in coating mortars for masonry, due to the increasing scarcity of natural fine aggregates for making mortars and concrete. This type of sediment is found in abundance in coastal areas such as the coast of Paraná, focusing on the municipality of Pontal do Paraná. For laboratory tests, beach sand and seawater were collected at different points of the Pontal do Paraná resorts. Thus, the characterization of the sands with granulometric tests, unitary and specific masses were carried out. Molding of 07 (seven) types of mortar traces, carrying out tests in the fresh state of consistency and the hardened state, permeability by the pipe method, and initial water absorption. In the end, it was verified that the studied sands have fine granulometry with a high percentage of grains that are retained in a sieve, promoting a granulometric curve with discontinuous grains and excess fines. In addition, the permeability and water absorption using beach sand had greater permeability and water absorption when compared to mortar using natural sand purchased in the local trade.

KEYWORD: Mortars. Marine Sand. Marine Water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia	24
Figura 3.2 - Região litorânea de Pontal do Paraná	25
Figura 3.3 - Localização dos pontos de coletas	25
Figura 3.4 - Ponto 1	27
Figura 3.5 - Ponto 2	27
Figura 3.6 - Ponto 3	27
Figura 3.7 - Ponto 4	28
Figura 3.8 - Ponto 5	28
Figura 3.9 - Lavagem da areia de praia	29
Figura 3.10 - Água da primeira e da quinta lavagem e a mistura	29
Figura 3.11 - Seleção das areias	30
Figura 3.12 - Areias antes da secagem em estufa	30
Figura 3.13 - Preparação das areias	31
Figura 3.14 - Areias submetidas à secagem em estufa	31
Figura 3.15 - Caracterização da areia	31
Figura 3.16 - Análises de água	32
Figura 3.17 - Série de peneiras	32
Figura 3.18 - Sequência de peneiras	33
Figura 3.19 - Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo	34
Figura 3.20 - Pesagem do recipiente	34
Figura 3.21 - Pesagem das areias	35
Figura 3.22 - Frasco de Chapman	36
Figura 3.23 - Ensaio de massa específica das areias	36
Figura 3.24 - Traço geral da argamassa	37
Figura 3.25 - Quantidade de agregado para cada traço	37
Figura 3.26 – Coeficientes	38
Figura 3.27 - Procedimento de mistura	38
Figura 3.28 - Argamassa na “Flow table”	39
Figura 3.29 - Desforma das argamassas	40
Figura 3.30 - Pesagem dos corpos de prova - Traço 1	41
Figura 3.31 - Pesagem dos corpos de prova - Traço 2	41
Figura 3.32 - Pesagem dos corpos de prova - Traço 3	41

Figura 3.33 - Pesagem dos corpos de prova - Traço 4.....	42
Figura 3.34 - Pesagem dos corpos de prova - Traço 5.....	42
Figura 3.35 - Pesagem dos corpos de prova - Traço 6.....	42
Figura 3.36 - Pesagem dos corpos de prova - Traço 7.....	43
Figura 3.37 - Corpo de prova no recipiente com água.....	43
Figura 3.38 - Pesagem do corpo de prova a cada 1 minuto.....	44
Figura 3.39 - Ensaio pelo método do cachimbo.....	45
Figura 3.40 - Três amostras de água.....	46
Figura 3.41 - pHmetro de bancada.....	46
Figura 3.42 - Água da 1ª lavagem.....	47
Figura 3.43 - Medidor de condutividade.....	47
Figura 3.44 - Medição do pH.....	48
Figura 3.45 - Ensaio de alcalinidade: Etapa inicial.....	48
Figura 3.46 - Ensaio de alcalinidade: Etapa de coloração.....	49
Figura 3.47 - Amostra com ácido sulfúrico.....	50
Figura 3.48 - Amostra com Nitrato de Prata.....	51
Figura 4.1 – Composição granulométrica das areias.....	53
Figura 4.2 - Comparação massa unitária das areias.....	56
Figura 4.3 - Comparação massa específica das areias.....	57
Figura 4.4 - Abatimento das argamassas da “ <i>flow table</i> ”.....	58
Figura 4.5 - Permeabilidade da água pelo método do cachimbo.....	61
Figura 4.6 - Absorção de água após 1,0 minuto.....	63
Figura 4.7 - Absorção de água após 10 minutos.....	63

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 3.1 - Massa unitária	35
Equação 3.2 - Massa específica ensaio de Chapman	36
Equação 3.3 - Alcalinidade total	49
Equação 3.4 – Acidez	50
Equação 3.4 – Cloretos	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Coordenadas dos pontos de coleta	26
Tabela 3.2 - Condições climáticas no momento da coleta	26
Tabela 3.3 - Massas dos corpos de prova	40
Tabela 4.1 - Dados do ensaio de composição granulométrica	53
Tabela 4.2 – Classificação dos agregados Wentworth (1992)	54
Tabela 4.3 - Massa unitária das areias	55
Tabela 4.4 - Massa específica das areias	56
Tabela 4.5 – Características dos materiais	57
Tabela 4.6 – Índice de consistências (IC) das argamassas	58
Tabela 4.7 - Índice de consistências (IC) das argamassas	59
Tabela 4.8 - Leitura da permeabilidade no ensaio método do cachimbo	60
Tabela 4.9 - Permeabilidade no ensaio método do cachimbo	60
Tabela 4.10 - Absorção de água	62
Tabela 4.11 - pH das amostras	64
Tabela 4.12 - Condutividade	65
Tabela 4.13 - Alcalinidade	66
Tabela 4.14 - Teor de acidez	67
Tabela 4.15 - Teor de cloretos	68

SUMÁRIO

1	142	
1.1	OBJETIVO	14
1.1.1	OBJETIVO GERAL.....	14
1.1.2	OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	14
1.2	JUSTIFICATIVA	14
1.3	DELIMITAÇÃO	15
1.4	HIPÓTESE	15
2	17	
2.1	AREIA	15
2.2	AGREGADOS PARA CONFEÇÃO DE ARGAMASSAS.....	16
2.2.1	AGREGADO NATURAL	16
2.2.2	AREIA NATURAL COMO SUBSTITUTA AO AGREGADO CONVENCIONAL.....	17
2.3	COLETA DAS AREIAS DE PRAIA	19
2.4	SALINIDADE	20
2.5	CLORETOS	22
2.6	SULFATOS	22
2.7	ARGAMASSAS EXECUTADAS COM AREIAS DE PRAIA	23
3	26	
3.1	PROCEDIMENTOS DE REALIZAÇÃO DAS COLETAS	24
3.2	PROCEDIMENTOS DE PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS E INSUMOS ...	28
3.2.1	LAVAGEM (PARTE DA AREIA) E SECAGEM DA AREIA	29
3.2.2	SEPARAÇÃO E SECAGEM DA AREIA SEM LAVAGEM.....	30
3.3	ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DAS AREIAS	31
3.3.1	DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	32
3.3.2	DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA	34
3.3.3	DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA	35
3.4	ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO	37
3.4.1	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTENCIA	38
3.5	ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO	39
3.5.1	DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL	43

3.5.2	DETERMINAÇÃO DA PERMEABILIDADE PELO MÉTODO DO CACHIMBO	44
3.6	ANÁLISES DA ÁGUA DO MAR	45
3.6.1	ENSAIO DE PH	46
3.6.2	ENSAIO DE CONDUTIVIDADE	47
3.6.3	ENSAIO DE ALCALINIDADE	48
3.6.4	ENSAIO DE ACIDEZ	49
3.6.5	ENSAIO DE CLORETOS	50
4	RESULTADO E DISCUSSÃO	52
4.1	DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	52
4.2	DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA	55
4.3	DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA	56
4.4	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA	58
4.5	DETERMINAÇÃO DA PERMEABILIDADE PELO MÉTODO DO CACHIMBO	59
4.6	DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL	62
4.7	ENSAIOS DE PH	64
4.8	ENSAIO DE CONDUTIVIDADE	65
4.9	ENSAIO DE ALCALINIDADE	66
4.10	ENSAIO DE ACIDEZ	67
4.11	ENSAIO DE CLORETOS	68
5	CONCLUSÃO	69
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	70
6	REFERÊNCIAS	711

1 INTRODUÇÃO

A NBR 13281 (2015) define argamassa como uma mistura homogênea de agregados miúdos, água e aglomerantes inorgânicos, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento. A argamassa pode ser utilizada para fins de revestimento, como no caso das camadas de chapisco, emboço e reboco; como assentamento, com a função de unir os blocos cerâmicos; como colante para conferir adesividade; ou ainda como rejuntamento para preencher os vãos entre as peças.

Segundo Camargo (2017) as areias para argamassas diferem na composição granulométrica conforme a natureza da sua extração, este fator influencia diretamente no surgimento de fissuras e nas propriedades de permeabilidade, rugosidade e aderência, quando no estado endurecido. Além disso, a permeabilidade e a compactidade também estão diretamente ligadas à granulometria do agregado miúdo utilizado na confecção de argamassas de assentamento e de revestimento, pois podem diminuir o volume de vazios contido na pasta (Pinto et. al, 2006 apud Fontes, 2013).

Para a confecção de argamassas o agregado miúdo com diferentes granulometrias é o mais utilizado e segundo Isaia (2011), pode-se definir como um agregado natural, geologicamente como um sedimento de grãos, em geral quartzosos, com diâmetro limite não ultrapassando 2mm. Para a areia ser considerada material de construção, seus grãos têm de ser formados de materiais consistentes, não necessariamente quartzosos. Prudêncio Jr., Oliveira e Bedin (2003) ressalta que este material diminui a necessidade de elevada quantidade de aglomerante que poderia elevar o custo da obra e acarretar patologias provocadas pelo excesso de cimento.

Nesse sentido, Isaia (2011) cita que os depósitos com predominância de agregado miúdo, especificamente areia, ocorrem majoritariamente no leito dos rios, geralmente nas curvas, mas também podem ser localizados nas camadas superiores. Cita ainda que nas jazidas chamadas cascalheiras ocorre porcentagem maior de pedregulhos e seixos, que são comumente denominados cascalhos, sendo que os pedregulhos e principalmente os seixos já têm sido utilizados como matéria-prima para produção de areia (VIVES, 2013).

A construção civil utiliza abundantemente a areia para a composição da maioria de suas estruturas, como em argamassas e concretos. Segundo Ferreira (2019) o consumo de agregados no Brasil gira em torno de 632 milhões de toneladas por ano, o que corresponde a cerca de 3,31 toneladas por habitantes. Intensifica esse panorama o fato de que mais de 90% de toda a areia consumida no País seja extraída de leitos de rios. A utilização desse tipo de agregado representa um grande problema no aspecto ambiental, já que se trata de um recurso finito. Portanto, surge a necessidade de controlar o consumo de agregados naturais para que a natureza seja menos afetada, além do desenvolvimento de alternativas de uso de outros tipos de agregados não naturais como a substituição desses por pneus, resíduos de construção e demolição entre outros

Na tentativa de se buscar novas alternativas para o consumo de agregado para a construção civil, depara-se com a areia presente nas praias, presente de forma mais abundante do que qualquer outro tipo de areia. Por possuir baixo custo, combinada com quantidade reduzida de argila e vantagem de armazenamento, este material é utilizado na Alemanha para produção de concreto, Limeira (2012). Esse material pode ser utilizado como um substituto à areia natural encontrada em rios e em cavas, embora possua característica particular: a presença de salinidade e de matéria orgânica que pode influenciar na resistência e em outras propriedades, como grãos de mesma dimensão, maior quantidade de água de amassamento e elevada finura dos grãos, entre outras.

Além disso, conforme Limeira (2012) a areia com presença de sulfatos e cloretos pode influenciar na durabilidade de materiais cimentícios, porém não afeta a trabalhabilidade da pasta. Ainda, a mistura utilizando-se a areia da praia possui melhor ligação entre pasta e agregado, dificultando a penetração de íons de cloreto que provocam a corrosão localizada.

Dessa forma, é interessante realizar verificação detalhada das características dos insumos de argamassas que são normalmente utilizadas para revestimento e assentamento de alvenarias, como a composição granulométrica que, evidentemente, varia conforme o local de extração, densidade específica e unitária, inchamento, absorção entre outras. Assim, através de análises dos resultados laboratoriais é possível averiguar as características de areias e assim, corroborar na determinação das propriedades de argamassas no estado fresco e endurecido para as mais diversas aplicações na construção civil.

Ainda, foram realizados ensaios nos corpos de provas de argamassas no seu estado fresco e endurecido de forma a comparar algumas características do material confeccionado com o uso da areia de praia e com areia convencional.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade da utilização de areia da praia (Pontal do Paraná) em argamassas de revestimento e assentamento para alvenaria.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Coletar areia da praia de diferentes pontos no município de Pontal do Paraná;
- Produzir corpos de prova contendo argamassa fabricada utilizando areia de praia e areia convencional;
- Comparar, através de ensaios laboratoriais, as propriedades das duas argamassas no estado fresco e no estado endurecido;
- Analisar os resultados de forma a explicar as diferenças obtidas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A areia é umas das matérias-primas primordiais ao setor de construção civil. Segundo a Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção - ANEPAC, em 2020 o consumo de agregados miúdos e graúdos no Brasil foi de 605 milhões de toneladas. Já em 2021, esse número subiu para 659 milhões. Esta exorbitante quantidade de areia, advém da extração de rios, provocando um imenso impacto ambiental, como exemplos: o rebaixamento dos lençóis freáticos, dificultando a extração de água potável e acelerando a erosão do leito do rio.

Visto isso, pode-se observar que a frequente avaliação de agregados miúdos em pequenas a grandes obras é essencial para identificar agentes deletérios como impurezas orgânicas, materiais pulverulentos, dentre outros, e possivelmente evitar falhas na resistência de argamassas e concretos, devido ao não conhecimento das propriedades dos agregados vendido na região.

1.3 DELIMITAÇÃO

O presente trabalho se propõe a analisar e caracterizar amostras de areia da praia coletadas em cinco pontos ao longo da região costeira de Pontal do Paraná, com o objetivo de verificar a viabilidade do uso deste tipo de agregado como insumo na fabricação de argamassas. Estes ensaios de caracterização se restringiram aos equipamentos que estão disponíveis no Laboratório do Curso de Engenharia Civil, campus Pontal do Paraná, como balança de alta precisão, fornos para a secagem do agregado, moldes para a fabricação de corpos de prova.

1.4 HIPÓTESE

Os ensaios realizados nos corpos de prova de argamassa com areia da praia como insumo no traço, podem se mostrar viáveis no uso deste agregado, provendo características fisicamente iguais ou superiores à argamassa convencional, ou seja, com areia natural vendida em comércio para a confecção de argamassas e concretos. [Outra hipótese relevante é a de a argamassa fabricada com a areia retirada da praia apresentar propriedades inferiores às da argamassa com areia convencional.](#)

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 AREIA

De acordo com a norma NBR 7211 (ABNT, 2019) é considerado agregado miúdo o material que está abaixo de 4,75mm e acima de 75µm, classificados entre areia muito fina, fina, média e grossa, podendo ser classificado através de ensaio seguindo os procedimentos da norma ABNT NM 248/2003 com peneiras definidas pela norma NBR NM-ISO 3310-1. Geralmente formados de areia natural, britagem de rochas ou da mistura de ambas Luz & Almeida (2012), o método de lavra da areia é determinado através do ambiente em que se encontra depositada, podendo ser feita basicamente de três métodos conforme cita Chaves e Whitaker (2012):

“- A dragagem é feita em leitos de rios e em cavas inundadas;

- O desmonte hidráulico é feito em cavas secas e em mantos de alteração de maciços rochosos;

- A lavra por tiras é feita em depósitos homogêneos e de maior extensão horizontal”.

Ainda no local de lavra, algumas operações de beneficiamento da areia são executadas para a classificação inicial do material facilitando assim sua comercialização, a fim de desagregar as partículas, individualizando-as, lavá-las, removendo a cobertura de pulverulentos, desagregar as partículas mais frágeis e separar os tamanhos desejados (CHAVES; WHITAKER, 2012).

Essas operações são de grande relevância para a comercialização ao mercado da construção civil, com elas é possível especificar os tipos de areia e facilitar na escolha do material para diferentes finalidades.

Sendo a areia considerada um agregado miúdo, há diversos ensaios que devem ser feitos para sua caracterização a fim de analisar sua composição granulométrica, absorção de água, impurezas, massa unitária ou massa específica aparente dentre outros, de maioria regidos por normas técnicas brasileiras.

2.2 AGREGADOS PARA CONFECÇÃO DE ARGAMASSAS

2.2.1 AGREGADO NATURAL

Os agregados podem ser definidos de diferentes maneiras, de acordo com Bauer (2019) os agregados são definidos como material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos.

Sua classificação pode ser definida a partir da natureza em que se encontram, sendo denominados naturais os extraídos diretamente fragmentados, como areia e cascalho e, os artificiais aqueles que passam por processos de fragmentação como britagem ou moagem (FRAZÃO, 2006).

Agregado pode ser definido como um material granular, com faixas de tamanho estabelecidas (agregados graúdos, de 4,75 a 75 mm; agregados miúdos, de 0,075 a 4,75 mm), utilizados na pavimentação, em lastros de ferrovias, obras geotécnicas, concretos, argamassas e em construções em geral (Bauer 2007). Os agregados miúdos, como as areias, representam o maior volume da composição da argamassa,

influenciando assim, de forma significativa as propriedades do produto tanto no estado endurecido como no estado fresco. Além disso, faz-se importante salientar que a distribuição do tamanho das partículas do agregado e a sua origem influenciam diretamente as propriedades das argamassas, como permeabilidade, porosidade e resistência.

Ademais, segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009), dita os procedimentos que devem ser seguidos no processo de qualidade e no padrão dos agregados, contendo demonstrações em tabelas e também quais são as variações aceitáveis quando se realiza os testes nas composições. Apesar da norma descrever o uso dos agregados marinhos para o concreto, tomaremos esta como base para o estudo da argamassa. O que se espera, é que esse agregado seja composto por grãos de minerais rígidos, compactos, firmes e limpos, não contendo matéria de natureza e materiais inconsolidados, em quantidade suficiente. Popularmente, o que se conhece como areia, em grande parte, é uma junção de partículas não regulares de quartzo, com pedaços fragmentados de conchas e qualquer outra matéria derivada de fontes terrestres, e principalmente, marinhas. A areia varia conforme sua granulometria, ou seja, o diâmetro do grão, que normalmente varia de entre 0,1mm a 2mm, independentemente do seu local de extração, que pode diferir. Os sedimentos podem ter uma granulometria mais fina ou mais grossa, variando de acordo com as ações a que estão sujeitos no ambiente.

Em região litorânea, pode-se encontrar praias refletivas, cuja característica é um relevo de alta declividade, resultado da forte ação das ondas, e praias que são dissipativas, com larga região de arrebenção e declividade mais suave. No segundo caso, encontram-se areias mais finas do que as praias do tipo refletivas, justamente porque a energia das ondas, que influencia diretamente o transporte de sedimentos, só é suficiente para suspender e transportar os grãos pequenos. Ademais, segundo Jesus et al. (2013), as praias são formadas por depósitos de sedimentos inconsolidados não vegetados, advindos de diferentes fontes, como dunas, rios, erosão de falésias, plataforma continental, sedimentos relíquias, entre outros. Portanto, há praias que são compostas não apenas por areia, mas também por grãos de outros sedimentos e de variados tamanhos.

2.2.2 AREIA NATURAL COMO SUBSTITUTA AO AGREGADO CONVENCIONAL

Pela definição da NBR 9935 (ABNT, 2011, p. 3), areia é: Agregado miúdo originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas, ou proveniente de processos industriais. É chamada de areia natural se origina de ação de agentes da natureza, de areia artificial quando proveniente de processos industriais; de areia reciclada, quando proveniente de processos de reciclagem; e de areia de britagem, quando proveniente do processo de cominuição mecânica de rocha conforme normas específicas.

Conforme Valverde (2016) a areia é um dos agregados mais utilizados no setor da construção civil, seu consumo está dividido em 35% argamassas, 20% para concreteiras, 15% para construtoras, 10% para empresas de pré-fabricados, 10% para comércios varejistas de materiais de construção, 3% para órgãos públicos e 2% para outros.

Nos dias atuais, o número de pesquisas sobre o uso de areia marinha em argamassas é reduzido, menosprezando seu potencial de utilização e contribuindo para a manutenção dos impactos ambientais causados pela extração de areia do rio. Além disso, a ausência de estudos que possam preencher as lacunas existentes sobre o tema, bem como contribuir para nortear futuras pesquisas e aumentar a aceitação desses materiais alternativos na construção civil, colaboram ainda mais para a problemática ambiental.

Para mitigar os impactos ambientais, a longo prazo, que a construção civil movimenta, tem-se pensado na possibilidade da substituição do agregado artificial pela areia natural encontrada nas praias. Esta alternativa demanda a investigação de qual é a influência do uso da areia marinha nas propriedades físicas da argamassa, analisando a sua granulometria e a sua composição.

A norma NBR 13281 (ABNT, 2005) define argamassa como uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos, com 23 propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria. Neste trabalho será estudada a argamassa cuja composição inclui o cimento Portland, água e areia. Segundo a NBR 13281 as argamassas podem ser classificadas quanto a sua aplicação, podem ser para vedação, estrutural, encunhamento, revestimento interno e externo, de parede ou de teto, para reboco ou mesmo decorativas (ABNT, 2005). A definição de argamassa de revestimento segundo a NBR 13530 (ABNT, 1995) define revestimento de argamassa

como sistemas constituídos de uma ou mais camadas de argamassa, sendo que cada uma delas tem uma função característica.

2.3 COLETA DAS AREIAS DE PRAIA

O Paraná possui 50 km de extensão em praias, desses, Pontal do Paraná conta com 23 km que se estendem ao longo de 48 balneários, o que torna o município fortemente ligado a atividades praianas (Pontal do Paraná, 2023). Para abrangência de toda a extensão da praia do município, as coletas foram realizadas em cinco pontos previamente demarcados distribuídos ao longo da faixa praial, em quantidade de 20 kg de sedimento em cada ponto.

As areias das praias de Pontal do Paraná se caracterizam por conter predominância de areia do tipo fina, e eventualmente ocorrência de areias médias e areias muito finas em pontos específicos (ALVES & LAMOUR, 2010). Ainda segundo Angulo et al (2006), essa região possui sedimentos em sua maioria com granulometria fina, assim como ocorre nas desembocaduras em toda a região litorânea do sul do país.

Independente da origem do agregado, marinho ou continental, estes precisam ser adequados às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e na ausência ou deficiência destas às normas internacionais. Os principais critérios de caracterização do agregado miúdo para justificar o seu emprego é o teor de carbonato de cálcio (CaCO_3) para areias que apresentam bioclastos e o teor em sais, além da granulometria, as propriedades físico-químicas. (TAMAR, 2017), (XU et al., 2021) e (YAMASHITA et al., 2020).

Sabe-se que, o agregado miúdo pode apresentar materiais nocivos à qualidade da argamassa, os quais podem ser divididos em três grandes grupos: impurezas de ação sobre a hidratação do cimento; substâncias que cobrem a superfície do agregado de forma a dificultar a aderência adequada do agregado à pasta de cimento; partículas friáveis que interferem na resistência da argamassa (ZHOU et al., 2021), (ZHANG et al., 2010) e (HUANG, 2020).

Para este trabalho a discussão se pauta na possibilidade do emprego de areia marinha na fabricação de argamassas. Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009), os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis e

limpos não contendo material orgânico em quantidade suficiente que possa afetar a hidratação e o endurecimento do cimento.

2.4 SALINIDADE

Visto que o objetivo da pesquisa é a utilização de areias contidas nas margens das variadas praias ao longo de Pontal do Paraná, espera-se que contenham presença de elevado teor salino nas areias proveniente da água do mar. Nesse caso, o sal se cristaliza por conta da evaporação da água nele contida. Assim, após a secagem da areia de praia coletada, o sal presente na amostra é facilmente detectável, pois sua estrutura é cristalina. Dessa forma, a água que estava retida é eliminada por evaporação, mas a quantidade e o teor de sal permanecem impregnados no material. Portanto, o teor em sal residual de um agregado será função da quantidade de água retida, Boutmin (1986).

Assim como os cloretos, os sulfatos reagem com diferentes constituintes da pasta (aluminato tricálcico) originando um composto chamado de sal de Candlot. Este é um sal expansivo que, quando formado, pode ocasionar a formação de fissuras e a quebra do concreto (CAVALCANTI; FREIRE, 2007; BAYESTEH, 2020).

Sabe-se que a areia contém sais dissolvidos na sua composição, podendo ser derivado de praias, mares ou dunas, tem sido analisada como possível substituto dos agregados naturais por conta das fontes naturais estarem esgotando, devido a expansão dos grandes centros urbanos, juntamente com as zonas costeiras que estão cada vez mais bem desenvolvidas – algo que impulsiona a extração do agregado para outras regiões. Estudos apresentados no artigo “Efeitos do uso de areia de praia nas propriedades de argamassas mistas: análise da variação granulométrica” (FERREIRA et al, 2019) mostraram que é realizável o uso desse tipo de agregado como material de construção, mesmo que a areia exiba propriedades inferiores aos materiais mais comumente utilizados. Todavia a sua utilização deve estar condicionada ao tipo de aplicação e ao ambiente de exposição. A Grã-Bretanha, por exemplo, é uma ilha britânica onde a areia de mar tem sido utilizada na produção de concreto e argamassas por décadas. Em uma breve comparação com a areia de rio, mesmo que os dois tipos de areia possuam igualmente a origem geológica, e a principal diferença encontrada é que a de praia desfruta de sais e de matéria orgânica que, em excesso,

poderá afetar o desempenho e a durabilidade dos materiais cimentícios. Nesses casos, faz-se necessária a realização de algum tipo de tratamento, como, por exemplo, lavagem com água doce, de modo que permita a remoção, principalmente, dos sais. Tal procedimento, muitas vezes, torna-se uma alternativa inviável tendo em vista os custos e a escassez de água doce.

LIMEIRA et al. [15] observaram que o conteúdo de cloreto e sulfato não influencia o comportamento das pastas quanto à trabalhabilidade. Por outro lado, esses componentes quando encontrados em teores consideráveis, devem ser determinados exaustivamente devido à sua influência na durabilidade dos materiais cimentícios. HUIGUANG et al. [13] demonstraram que a mistura cimentícia que possuía areia do mar apresentou uma melhor ligação entre a pasta de cimento e o agregado e, como consequência, a resistência à penetração de íons cloreto foi maior quando comparada às misturas constituídas de areia de rio comum.

Os ensaios de salinidade podem ser realizados através de instrumentos que permitem medir a concentração de sal presente no material. São eles: Refratômetros, Salinômetros, Kit de salinidade de Bresle.

Os refratômetros são usados na indústria como instrumento de medição de alta precisão, sendo capaz de definir o teor de salinidade de determinados materiais por meio de índices refrativos. Todavia, esse instrumento não mede apenas o teor de salinidade, mas também é possível medir a sua temperatura e se há soluções de lavagem em água. Outro instrumento que é possível medir a salinidade em altas escalas é o salinômetro.

O kit de salinidade Bresle consiste em equipamentos a serem utilizados na superfície do material a fim de determinar o nível de contaminação por cloreto.

Para que uma boa parte desse sal seja retirado, a areia precisará ser lavada, visto que o sal sempre será dissolvido em água. A utilização de um filtro de papel será uma alternativa estudada, objetivando acelerar esse processo e testar a eficiência do método. A areia ficará retida no filtro de papel e estará livre por completo do sal que lhe foi adicionado. O material filtrado será a solução de sal e água.

Sabe-se que a presença de alto teor de salinidade nos compostos cimentícios pode resultar em um alto valor de resistência inicial, contudo, ao decorrer do tempo, esta resistência cai consideravelmente, além de aumentar a ocorrência de umidade permanente, proporcionando o aparecimento de eflorescência na argamassa.

2.5 CLORETOS

Para concreto armado, a NBR 7211 (ABNT, 2009) preconiza o limite máximo de 0,1% de íons cloreto em agregado miúdo a ser utilizado no amassamento, pois a presença elevada desse elemento é prejudicial ao aço.

Porém, o objeto deste estudo é a argamassa e, segundo LIMEIRA et al. (2012) a quantidade de sulfato e cloreto não afeta o comportamento da pasta de argamassa quanto à sua trabalhabilidade, porém, podem influenciar na durabilidade dos materiais cimentícios.

Segundo a norma francesa DTU 21-4, o teor de íons de cloro no concreto não deve passar de 1% da massa do cimento para argamassas e para concretos não armados. Sampath e Mohankumar (2016) apontam que após duas lavagens a concentração de sulfetos e cloretos na areia marinha é reduzida a valores satisfatórios - a areia marinha tem uma concentração de cloretos de 0,3% quando saturada, a qual se reduz a 0,075% após a aplicação do processo de lavagem, sugerindo que a precipitação média seria capaz de levar a areia marinha a níveis aceitáveis para serem usadas em estruturas de concreto armado com aço.

2.6 SULFATOS

Entre os agentes químicos mais agressivos ao material estão os sulfatos, também conhecidos como óxidos sulfúricos, ou mais comumente citado quando há presença de sal. Normalmente, eles encontram-se diluídos na água, o que torna os concretos destinados a obras marítimas mais vulneráveis a esses ataques, levando à expansão, fissuração e deterioração de muitas estruturas da engenharia civil expostas ao ambiente sulfatado, tais como cais, pontes, fundações e etc.

Conforme o artigo “Geopolymeric mortar: study of degradation by sodium sulfate and sulfuric acid” (Mauri, 2009), os resultados dos corpos de prova de argamassa submetidos ao contato com o sulfato, trouxeram a conclusão de que a argamassa mantida na solução de sulfato de sódio apresentou reduzida queda de resistência à compressão axial em comparação à argamassa de referência. Quando

mantida na solução de ácido sulfúrico, a argamassa apresentou uma queda expressiva da resistência devido ao grande poder de degradação do ácido utilizado.

2.7 ARGAMASSAS EXECUTADAS COM AREIAS DE PRAIA

A areia da praia possui origem na desagregação de rochas e minerais presentes em regiões litorâneas, com dimensões variando entre 64 μm e 2 mm, não sendo usualmente utilizada em concretos devido à corrosão que a presença de cloretos pode causar na armadura. (SILVA; VIEIRA; OLIVEIRA, 2018). Ao analisar a viabilidade do uso da areia marinha em argamassas, os autores concluíram que este tipo de material provoca maior ascensão capilar devido à finura do material. Além disso, foi recomendada a adição de aditivos para garantir uma melhor trabalhabilidade da mistura, embora a argamassa no estado endurecido não tenha apresentado manifestações patológicas.

A NBR 13281 (2005, p. 2), determina a argamassa como: Mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Argamassa de assentamento de alvenaria de vedação, segundo NBR 13281 (ABNT, 2005, p. 2), é: “argamassa indicada para ligação de componentes de vedação (como blocos e tijolos) no assentamento em alvenaria, com função de vedação”.

Conforme Recena (2007), as argamassas de assentamento, são argamassas utilizadas no assentamento de elementos que compõem a alvenaria. Com função de distribuir com uniformidade as cargas atuantes, absorver as deformações em que as alvenarias estão sujeitas, contribuir para a estanqueidade da parede, além de juntar solidariamente os elementos que compõem a alvenaria, que podem ser argamassas aéreas, que são ricas em cal, como podem ser hidráulicas, que são empregadas em alicerce construído em alvenaria de pedras passível à ação direta da umidade.

Segundo Ferreira et al (2019), a areia de praia possui menor coeficiente de uniformidade, indicando uma pior distribuição granulométrica se comparada à areia convencional. Outrossim, é esperado que a areia proveniente das praias de Pontal do Paraná possua grande quantidade de finos, o que em excesso, desencadeará em redução da resistência e da durabilidade da argamassa.

3 METODOLOGIA

As etapas do trabalho compreendem na seguinte ordem: no procedimento de realização das coletas (areia e água do mar), nos procedimentos de preparação dos materiais e insumos, em ensaios de caracterização da areia e da argamassa e análise da água do mar, conforme ordem constante na Figura 3.1.

Tabela3.1: Metodologia.

Realização das Coletas de Areia e Água
Pontos 1, 2 e 3
Pontos 4 e 5
Preparação dos Materiais e Insumos
Lavagem do primeiro lote de areia
Armazenamento da água da 1ª e 5ª lavagem
Retirada de materiais orgânicos do segundo lote
Material colocado na estufa
Ensaio de Caracterização da Areia
Granulometria das amostras de areia NBR 248/2003
Massa específica
Massa unitária
Ensaio de Caracterização do Cimento
Massa unitária
Corpos de Prova
Moldagem
Desmoldagem dos corpos de prova
Ensaio argamassa no estado endurecido
Determinação da Absorção Inicial
Determinação da Absorção por Capilaridade
Análises de Água
PH/ alcalinidade/ cloretos/ acidez/ condutividade

Fonte: As Autoras, 2023.

3.1 PROCEDIMENTOS DE REALIZAÇÃO DAS COLETAS

O município de Pontal do Paraná, no estado do Paraná, possui 23 km de praias, abrangendo diversos balneários como Praia de Leste, Mirassol, Shangrilá, Leblon, Ipanema, Grajaú, Guarapari, Porto Fino, Atami, Village, Pontal do Sul entre outros. A Figura 3.2 aclara a extensão dos balneários de Pontal do Paraná.

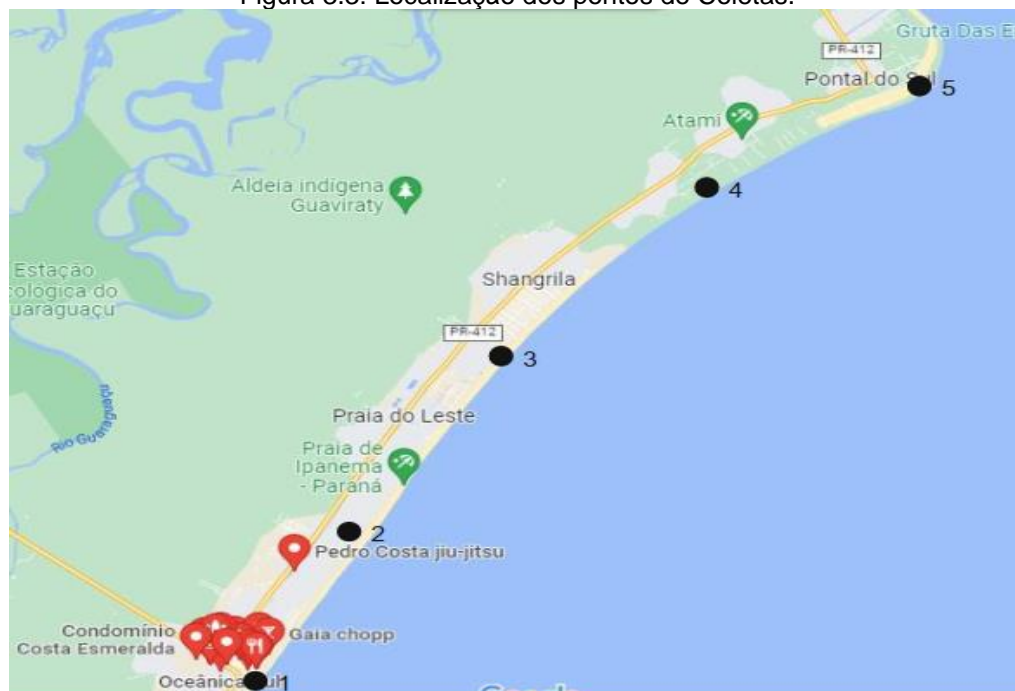
Figura 3.2: Região litorânea de Pontal do Paraná.



Fonte: As Autoras, 2023.

Os pontos para as coletas de areias da praia e da água do mar foram escolhidos tendo como base lugares conhecidos e de fácil acesso e localização, conforme mostrado na Figura 3.3, com as 05 (cinco) demarcações coletadas e na Tabela 3.1, registram as coordenadas dessas regiões.

Figura 3.3: Localização dos pontos de Coletas.



Fonte: As Autoras, 2023.

As coletas foram realizadas em dias diferentes (outubro/2022 e janeiro/2023), além disso, foram observados a temperatura e o clima na hora da retirada da areia e da água. Assim, a Tabela 3.2 mostra as condições ambientais desses dias.

Tabela 3.1: Coordenadas dos pontos de coleta.

PONTOS	COORDENADAS	REFERÊNCIA
1	-25.700751, -48.470624	RETA DA PREFEITURA
2	-25.691602, -48.465614	RETA DA UFPR CAMPUS MIRASSOL - CAMAR
3	-25.641226, -48.431016	RETA DA PIZZARIA LAROSSI
4	-25.596729, -48.379483	RETA DA FLORICULTURA BUENO GARDEN
5	-25.691602, -48.465614	RETA DA UFPR CAMPUS CEM

Fonte: As Autoras, 2023.

Tabela 3.2: Condições climáticas no momento das coletas.

Pontos	Data	Horário	Clima	Temperatura (°C)
1		14h04'	Garoando	25
2	29/10/22	15h04'	Garoando	25
3		15h28'	Chovendo	25
4		14h22	Nublado	25
5	16/01/23	14h35	Nublado	25

Fonte: As Autoras, 2023.

Para melhor visualizar as amostras no momento da coleta, as Figuras 3.4 ao 3.8 registram a areia da praia e a água do mar, bem como de utensílios disponíveis para a equipe:

- 01 balde com volume de 25L;
- 01 colher de pedreiro;
- 05 garrafas PETs de 500ml;
- Sacos plásticos de 50L.

Figura 3.4: (PONTO 1) Data: 29/10/22; Horário: 14h46min; Clima: garoando; Temperatura: 25 graus; -25.700751, -48.470624. (A) Areia; (B) Água do mar.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.5: (PONTO 2) Data: 29/10/22; Horário: 15h04min; Clima: garoando; Temperatura: 25 graus; -25.691602,-48.465614. (A) Areia; (B) Água do mar.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.6: (PONTO 3) Data: 29/10/22; Horário: 15h28min; Clima: chovendo; Temperatura: 25 graus; -25.641226,-48.431016. (A) Areia; (B) Água do mar.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.7: (PONTO 4) Data: 16/01/23; Horário: 14h22min; Clima: nublado; Temperatura: 25 graus; -25.596729, -48.379483. (A) Areia; (B) Água do mar.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.8: (PONTO 5) Data: 16/01/23; Horário: 14h35min; Clima: nublado; Temperatura: 25 graus; -25.691602, -48.465614. (A) Areia; (B) Água do mar.



Fonte: As Autoras, 2023.

3.2 PROCEDIMENTO DE PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS E INSUMOS

Os ensaios de caracterização da areia da praia e dos corpos de provas de argamassas foram feitos em função da disponibilidade de uso no Laboratório de Materiais (CPP/CEM), bem como ensaios limitados aos equipamentos existentes. Ademais, nesse período letivo 2022/2º semestre, parte das aulas foram ministradas remotamente, devido ao calendário individualizado no campus Litoral e CPP/CEM da UFPR. Dessa maneira, o técnico responsável pelo Laboratório diminuiu sua carga horária presencial durante os meses de janeiro e fevereiro de 2023.

Após a coleta das areias em diferentes pontos ao longo da faixa de praia, as amostras foram identificadas e levadas ao laboratório para iniciar os procedimentos de ensaios.

3.2.1 Lavagem (parte da areia) e secagem da areia

Foram coletados cerca de 100 kg de areia da praia entre os 05 (cinco) locais nos balneários de Pontal do Paraná, indicados na Figura 3.3. As areias coletadas foram misturadas para homogeneizar as amostras. Após, essas areias foram divididas em 2 (dois) lotes, sendo que o primeiro lote de areia foi lavado, e o segundo lote não recebeu lavagem com água corrente.

A lavagem da areia, deu-se pela imersão em água da rede pública, e foi submetida à fricção energética com as mãos para maximizar a retirada dos sais impregnados nos grãos da areia. A Figura 3.9, ilustra a lavagem do primeiro lote.

Figura 3.9: Lavagem da areia de praia.



Fonte: As Autoras, 2023.

A areia foi lavada 5 (cinco) vezes consecutivas, sendo a água da primeira e da quinta lavagem armazenadas e posteriormente misturadas, conforme Figura 3.10:

Figura 3.10: Água da primeira e da quinta lavagem e a mistura.



Fonte: As Autoras, 2023.

3.2.2 Separação e secagem da areia sem lavagem

O segundo lote de areia, não foi submetido à lavagem com água da rede pública, que foram colocadas em recipientes, sendo apenas retirados os materiais grosseiros com a ajuda de uma peneira de 4,75mm como mostrado na Figura 3.11.

Figura 3.11: Seleção das areias

(A) Peneira para retirada do material grosseiro.



(B) Areia coletada.



Fonte: As Autoras, 2023.

Após a lavagem do primeiro lote e seleção da areia no segundo lote (Figura 3.12 e 3.13), as areias foram submetidas a secagem na estufa para dar início nos ensaios de caracterização. Após, foram colocadas na estufa para secagem, conforme Figura 3.14.

Figura 3.12: Areias antes da secagem em estufa.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.13: Preparação das areias.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.14: Areias submetidas à secagem em estufa.



Fonte: As Autoras, 2023.

3.3 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DAS AREIAS

A caracterização das areias da praia e água do mar seguiram as etapas constantes nas Figura 3.15 e 3.16.

Figura 3.15: Caracterização da areia.

Ensaio de Caracterização da Areia
Granulometria das amostras de areia NBR 248/2003
Massa específica
Massa unitária

Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.16: Análises de água.

Análises de Água
PH/ alcalinidade/ cloretos/ acidez/ condutividade

Fonte: As Autoras, 2023.

A seguir, serão descritos os procedimentos normalizados da realização da caracterização da areia e da água marinha.

3.3.1 Determinação da Composição Granulométrica

A norma NBR 17054/2022, preconiza a quantidade mínima de 300g (trezentos gramas) de agregado miúdo no estado seco com diâmetro menor que 4,75mm para a realização do ensaio. Assim, a Figura 3.17 ilustra a sequência de peneiras que devem ser utilizadas para o ensaio de composição granulométrica.

Os diâmetros das aberturas das peneiras utilizados foram os 6 (seis) últimos constantes na Figura 3.17, sendo as de aberturas de 4,75mm; 2,36mm; 1,18mm; 600µm; 300µm; 150µm respectivamente. As peneiras foram posicionadas uma sobre a outra da abertura maior para a menor, começando de cima para abaixo.

Para cada tipo de areia, foi utilizada uma amostra de 300g (trezentos gramas) para a realização do ensaio. Para esta pesagem, foi utilizada uma balança de alta precisão.

Figura 3.17: Série de peneiras.

Serie Normal / Série Normal	Serie Intermedia / Série Intermediária
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37,5 mm	-
--	31,5 mm
--	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 µm	-
300 µm	-
150 µm	-

Fonte: ABNT NBR NM 248/2003.

Figura 3.18: Sequência de peneiras.



Fonte: As Autoras, 2023.

A agitação das peneiras foi realizada de forma manual para promover o escoamento dos grãos da areia pelas aberturas das peneiras encaixadas. Após, e com o auxílio de um pincel foi retirada a areia retida de cada peneira, e em seguida feita as pesagens. Com os resultados das pesagens é possível plotar a curva granulométrica, determinar a dimensão máxima característica (DMC) e o módulo de finura (MF), que são definidas pela Norma NBR 17054/2022.

Assim, a norma define o Diâmetro Máximo Característico (DMC) como “correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa”, e o Módulo de Finura (MF) como “soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100” do agregado.

No entanto, mesmo sendo uma norma antiga, a Norma da ABNT NM 7211/2009 apresenta os limites da distribuição granulométrica de agregados (Figura 3.19), pois esses limites (inferiores e superiores) não estão mais contemplados nas normas atuais. Assim, com o uso desta é possível fazer a comparação entre as curvas granulométricas obtidas com as amostras das areias da praia versus as curvas de distribuição da Norma (NM7211/2009).

Figura 3.19: Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTAS

- 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
- 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
- 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: ABNT NBR 7211/2009.

3.3.2 Determinação da massa unitária

A massa unitária pode ser definida como a relação entre a massa do agregado considerando todos os seus vazios, dividida pelo volume do recipiente em que a massa ocupa (NBR16972/2021). Assim, na determinação da massa unitária das areias da praia, foi pesado um recipiente metálico preenchido com água, para determinar o seu volume (Figura 3.20).

Figura 3.20: Pesagem do recipiente.



Fonte: As Autoras, 2023.

Após, é despejada a areia no recipiente metálico sem compactação, de maneira a preenchê-lo até que transborde-o, e após utilizando-se de uma haste faz-se o rasamento da superfície. Este procedimento de ensaio deve ser executado 03 (três) vezes para cada amostra de areia e ao final obter a média (Figura 3.21). Além disso, foi adquirido em loja comercial local areia natural, para a moldagem de corpos de prova de argamassas, e foi feita a determinação da massa unitária como constante na Figura 3.21.

$$\gamma = \frac{m}{V} \quad (01)$$

Onde:

- γ = Massa unitária da areia, em g/cm^3
- m = Média entre as três massas obtidas por pesagem, em g.
- V = Volume do recipiente, em cm^3 .

Figura 3.21: Pesagem das areias.

(A) areia não lavada.



(B) areia lavada.



(C) areia comprada.



Fonte: As Autoras, 2023.

3.3.3 Determinação da massa específica

Para a realização deste ensaio utiliza-se o frasco de Chapman graduado (NBR9776/1987), que apesar de ter sido cancelado pela ABNT, é o único frasco que o laboratório dispunha para a determinação da massa específica da areia, uma vez

que o novo frasco (NBR NM52/2009) para a realização deste, no momento do ensaio, não estava disponível.

Primeiramente, deve-se preencher o frasco com água até a marca de 200cm³ (Figura 3.22), passar o agregado na peneira de 4,75mm para retirada de grãos maiores que o DMC da norma, e colocar 500g (quinhentos gramas) da areia de praia seca neste frasco (Figura 3.23).

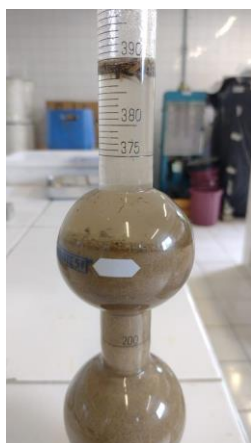
Figura 3.22: Frasco de Chapman com água até a marca 200cm³.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.23: Ensaio de massa específica das areias.

(A) areia lavada.



(B) areia comprada.



(C) areia não lavada.



Fonte: As Autoras, 2023.

Assim, para a obtenção da massa específica das areias pode-se utilizar a Fórmula 2.

$$\gamma = \frac{500}{L-200} \quad (2)$$

Sendo:

- γ = Massa Específica, em g/cm³
- L = Leitura final do frasco, em cm³

3.4 Argamassa no Estado Fresco

Foram confeccionados 03 (três) tipos de argamassas, ou seja, utilizando-se 03 características de areias, sendo: (1^o) areia convencional; (2^o) areia de praia lavada e (3^o) areia de praia não lavada. A moldagem dos corpos de prova com a areia natural comprada na loja de materiais, foi considerada neste estudo como sendo argamassa padrão ou de referência (Figura 3.24), ou seja, é a areia que normalmente se utiliza para a realização de argamassas e/ou concretos.

Os corpos de provas de argamassas feitas com as areias de praia (lavada e não lavada), foram realizados com substituição da areia natural, conforme mostrada na Figura 3.25. Esses corpos de prova das argamassas foram confeccionados em formas prismáticas de com as dimensões 4x4x16cm.

Figura.3.24: Traço geral da argamassa.

cimento	areia	água
1	3	0,65
Corpos de prova	CPs (cm):	4x4x16
	Volume (cm ³):	256
	perda:	20%
	Vol.Total:	307,2

Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.25: Quantidade de agregado para cada traço.

Caso	Cimento (g)	Areia Natural (g)	Areia Praia lavada (g)	Areia Praia não lavada (g)
1	209,31	627,94	0	0
2	209,31	313,97	313,97	0
3	209,31	313,97	0	313,97
4	209,31	125,59	502,35	0
5	209,31	125,59	0	502,35
6	209,31	0	627,94	0
7	209,31	0	0	627,94

Fonte: As Autoras, 2023

Os coeficientes para massa específica e massa unitária utilizados para cada material, bem como as normas relacionadas estão indicados na Figura 3.26:

Figura 3.26: Coeficientes.

Cimento	Massa Unitária (g/cm^3)	NBR 16972/2021	1,6	(g/cm^3)
	Massa Específica (g/cm^3)	NBR 16605/2017	2,98	
Areia natural	Massa Unitária (g/cm^3)	NBR 16972/2021	1,65	(g/cm^3)
	Massa Específica (g/cm^3)	NBR 9775/2011	2,65	
Areia Praia Lavada	Massa Unitária (g/cm^3)	NBR 16972/2021	1,68	(g/cm^3)
	Massa Específica (g/cm^3)	NBR 9775/2011	2,66	
Areia Praia não lavada	Massa Unitária (g/cm^3)	NBR 16972/2021	1,66	(g/cm^3)
	Massa Específica (g/cm^3)	NBR 9775/2011	2,68	

Fonte: As Autoras, 2023.

Para o preparo da argamassa foram utilizados recipientes, balança, e colher de pedreiro (Figura 3.27).

Figura 3.27: Procedimento de mistura

(a) Recipiente utilizado para mistura dos insumos. (b) Agregados e água misturados no recipiente.



Fonte: As Autoras, 2023.

3.4.1 Determinação do Índice de Consistência

Para a realização deste, seguiu-se as recomendações da Norma NBR13276/2016, e no início do ensaio na mesa de consistência “*flow table*” e o molde tronco cônico foram limpos conforme instrução. O tronco cônico foi colocado no centro da mesa e este foi preenchido em três camadas com argamassa, aplicando-se quinze, dez e cinco golpes com a haste metálica, sucessivamente. Após o preenchimento, com uma régua metálica faz-se o rasamento sobre a superfície do molde. Logo depois, retira-se verticalmente o molde e, em seguida, gira-se a manivela da mesa, girando-a 30 vezes em 30 segundos, fazendo com que a massa ainda no estado fresco da argamassa se espalhe sobre a mesa. Após a última queda da mesa, mede-se três diagonais da argamassa espalhada, para verificar a média do espalhamento.

Figura 3.28: Argamassa na “Flow Table”.



Fonte: As Autoras, 2023.

3.5 Argamassa no Estado Endurecido

As argamassas preparadas, conforme quantidades constantes na Figura 3.25 foram moldadas em corpos de provas prismáticos seguindo as recomendações da norma NBR 13279/2005. Após 24 horas da moldagem dos corpos de prova, foi realizada a desmoldagem das fôrmas prismáticas de todas as argamassas confeccionadas, conforme Figura 3.29.

Figura 3.29: Desformas das argamassas.

(A) argamassa no estado endurecido.



(B) corpos de prova das argamassas.



Fonte: As Autoras, 2023.

Em seguida da desmoldagem dos corpos de provas, foram realizadas as pesagens das massas, conforme mostradas na Tabela 3.3. Já as Figuras 3.30 ao 3.37 mostram os corpos de provas com os valores dos pesos na balança.

Tabela 3.3: Massas dos corpos de prova.

	1º CP (g)	2º CP (g)	3º CP (g)
Traço 1	500	499	489
Traço 2	387	405	376
Traço 3	474	467	485
Traço 4	439	460	445
Traço 5	484	479	488
Traço 6	466	479	477
Traço 7	453	477	459

Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.30: Pesagem dos corpos de prova - Traço 1.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.31: Pesagem dos corpos de prova - Traço 2.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.32: Pesagem dos corpos de prova - Traço 3.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.33: Pesagem dos corpos de prova - Traço 4.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.34: Pesagem dos corpos de prova - Traço 5.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.35: Pesagem dos corpos de prova - Traço 6.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.36: Pesagem dos corpos de prova - Traço 7.



Fonte: As Autoras, 2023.

3.5.1 Determinação da Absorção de Água Inicial

O índice de absorção de água inicial é dado pela capacidade de uma superfície de argamassa absorver água quando submetida ao contato direto com a mesma. Para este ensaio (NBR 15270/02-2017), um corpo de prova de cada um dos sete traços foi colocado verticalmente em um recipiente de maneira que sua superfície fosse coberta de água até uma altura de 3mm (Figura 3.37). A cada minuto, o corpo de prova foi pesado e colocado novamente no recipiente, até que fossem completadas dez medidas, ou seja, 10 minutos após o início da realização inicial do ensaio.

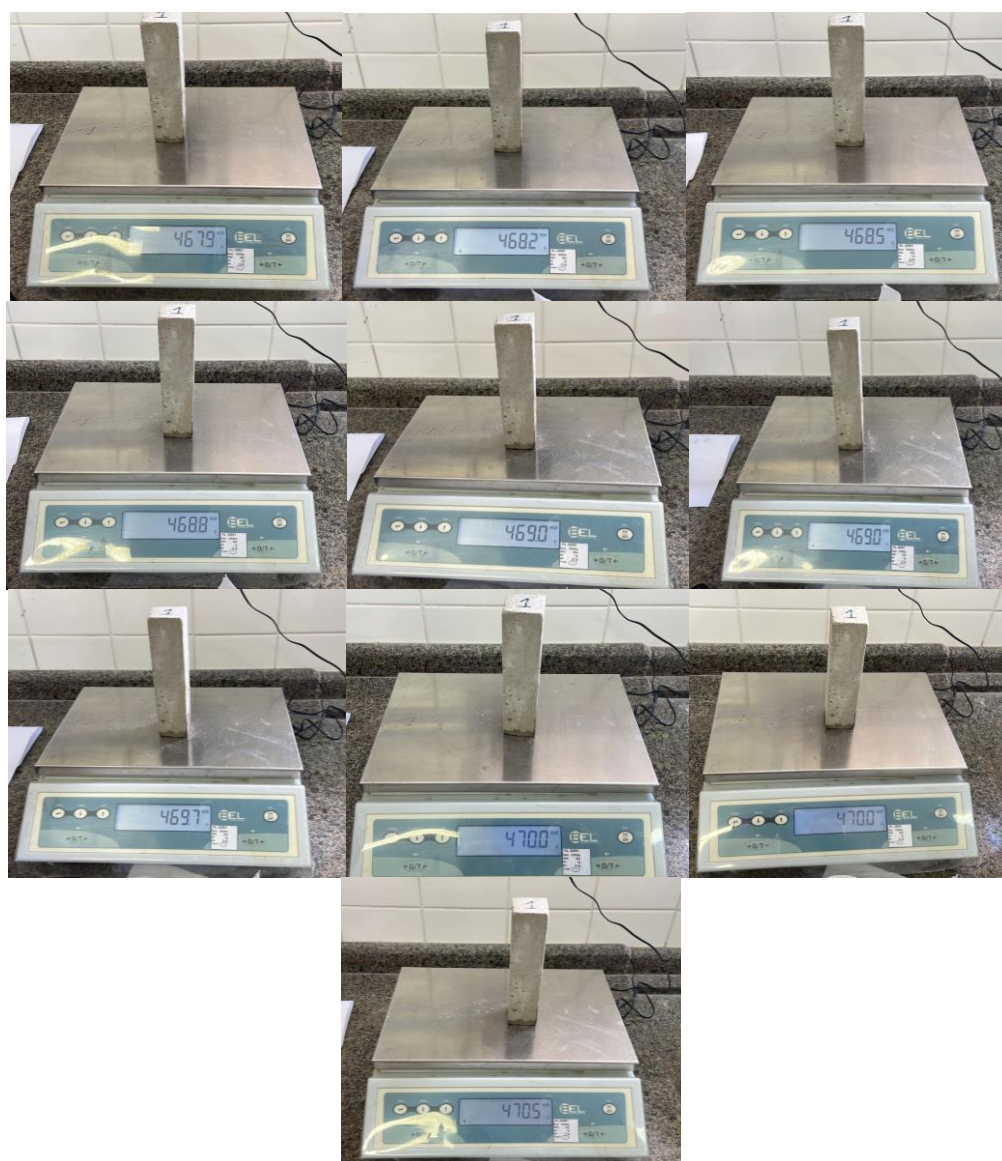
Para melhor visualização deste a Figura 3.38 mostra o traço 01 de todas as pesagens dos corpos de prova das argamassas, após 01 (um) minuto em contato com a lâmina de 5mm de água, até 10 minutos consecutivos.

Figura 3.37: Corpo de prova no recipiente com água.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 3.38: Pesagem do corpo de prova a cada 1 minuto.



Fonte: As Autoras, 2023.

Este procedimento foi realizado mais 6 vezes, ou seja, para os 7 (sete) tipos de traços (Tabela 3.3), a cada instante, após 1 minuto marcado no cronômetro.

3.5.2 Determinação da Permeabilidade pelo método do Cachimbo

Após sete dias da desmoldagem dos corpos de prova, foi realizado o ensaio de determinação da absorção de água pelos corpos de prova, popularmente conhecido como o método do cachimbo. O “Método do Cachimbo” é utilizado para determinar a permeabilidade de superfícies verticais ou horizontais, através da sua propriedade de absorção da água.

O cachimbo é um recipiente de vidro graduado em décimos de ml de vidro, no formato de um cachimbo, com uma borda plana e circular no fundo, a qual é fixada à superfície do revestimento. Esta fixação (cachimbo com o corpo de prova) foi realizada com massa de calafetar e, após sua fixação, o cachimbo foi preenchido com água até o marco zero.

Conforme a medida da água no cachimbo diminui ao longo do tempo, pode-se verificar a vulnerabilidade do material à penetração da água.

Figura 3.39: Ensaio pelo método do Cachimbo.

(A) tempo: inicial



(B) tempo: após 10 minutos

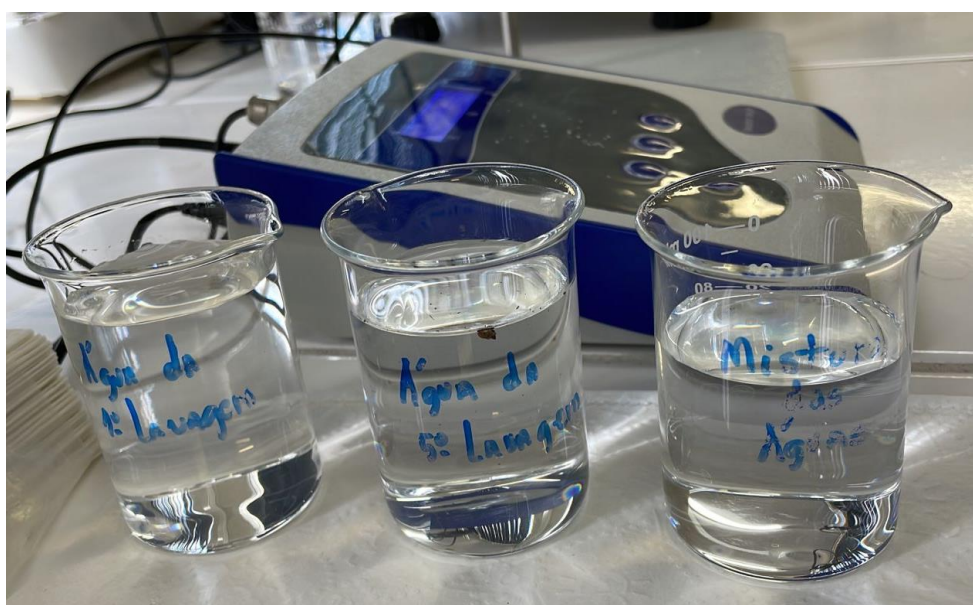


Fonte: As Autoras, 2023.

3.6 ANÁLISES DA ÁGUA DO MAR

Para as análises de água do mar foram utilizadas três amostras (Figura 3.40), sendo a primeira proveniente da primeira lavagem da areia da praia, a segunda proveniente da quinta lavagem da areia, e a terceira a mistura das águas coletadas diretamente do mar.

Figura 3.40: Três amostras de água



Fonte: As Autoras, 2023.

3.6.1 Ensaio de pH

Uma maneira de verificar a qualidade da água é através do valor do potencial hidrogeniônico (pH) da amostra de água em questão. A escala de pH vai de 0 até 14 e é capaz de medir a qualidade ácida ou básica de águas.

Sabe-se que um pH neutro possui um valor igual a 7,0 (sete), ou seja, considerado nem ácida e nem básica. Assim, as 03 águas foram medidas os valores do pH com o pHmetro de bancada (Marca MS Tecnoyon Modelo MPA-210), que após a sua estabilização, apresenta o valor do pH da água em análise. Como exemplo, a Figura 3.41 mostra o pHmetro com a água de 1ª lavagem da areia de praia.

Figura 3.41: pHmetro de bancada.



Fonte: <https://www.lojanetlab.com.br>

Figura 3.42: Água da 1ª lavagem.



Fonte: As Autoras, 2023.

3.6.2 Ensaio de condutividade

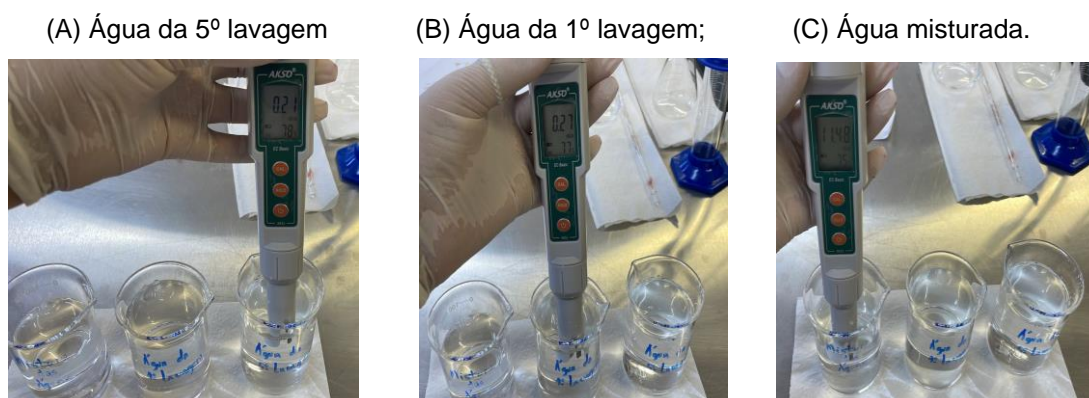
Para medir a condutividade da água utilizou-se o instrumento pHmetro de bolsa, medidor condutímetro (marca Akso, modelo AK51), conforme Figura 3.43, e essa medição é feita em cima das suas concentrações iônicas. O ensaio baseia-se em imergir o sensor do condutímetro na amostra de água que está sendo analisada, e uma vez estabilizada, obtém-se o valor da medição. Considerando que a medida de condutividade pode ser dada em Siemens por centímetro ou Siemens por metro; a temperatura; pH e salinidade. A Figura 3.44 ilustra as medições feitas com as diferentes águas.

Figura 3.43: Medidor de condutividade.



Fonte: <https://loja.akso.com.br/>.

Figura 3.44: Medição do pH



Fonte: As Autoras, 2023.

3.6.3 Ensaio de Alcalinidade

A alcalinidade é uma medida da capacidade que as águas têm de neutralizar ácidos, devido à presença de sais de ácidos fracos e álcalis cáusticos livres. Os principais responsáveis pela alcalinidade em água são os íons bicarbonato, carbonato e hidroxila. Já os boratos, silicatos e fosfatos contribuem de forma pouco significativa.

Para a realização deste ensaio, utilizou-se um balão de erlenmeyer de 125ml, uma proveta graduada, suporte universal, uma bureta com torneira de teflon, e o equipamento pHmetro (Marca MS Tecnopon Modelo MPA-210). O reagente utilizado foi o ácido sulfúrico 0,02N e a solução o Alaranjado de metila. Primeiramente, foi medido pH das três amostras de águas, e estas necessitaram de correção, uma vez que o ensaio da alcalinidade deve ser realizado em amostras com o pH igual ou superior a 8,5.

Assim, com a proveta graduada foi medido um volume de 50ml de cada amostra e, em seguida transferido para o balão de erlenmeyer.

Figura 3.45: Ensaio de alcalinidade: etapa inicial.

(A) Balão de Erlenmeyer



(B) Proveta graduada



Fonte: As Autoras, 2023.

Após obter os volumes necessários das três amostras no balão de erlenmeyer, adiciona-se três gotas do indicador alaranjado de metila que se mistura na amostra. A bureta é então preenchida com a solução de ácido sulfúrico 0,02 N, que goteja dentro da amostra até que esta apresente uma passagem de cor do amarelo para um laranja (Figura 3.46).

Figura 3.46: Ensaio de alcalinidade: etapa de coloração.

(A) Balão de erlenmeyer



(B) Proveta graduada



Fonte: As Autoras, 2023.

Para o cálculo da alcalinidade, deve anotar-se a quantidade de ácido sulfúrico que foi gasto e assim calcular a determinação de alcalinidade ao alaranjado de metila ou alcalinidade total através da Equação (03):

$$\text{Alcalinidade total em mg de } \frac{\text{CaCO}_3}{\text{L}} = \frac{V_{\text{H}_2\text{SO}_4}(\text{ml}) \cdot \text{Norm. base. 50000}}{V_{\text{amostra}}(\text{ml})} \quad (03)$$

3.6.4 Ensaio de Acidez

A acidez é a medida da capacidade da água de neutralizar as bases. Em águas naturais esta capacidade é devida a ácidos. A acidez provocada por altos teores de CO_2 dissolvido, é particularmente importante na engenharia para o controle e no desenvolvimento de características corrosivas da água.

Dessa forma, para realizar este ensaio, utiliza-se um balão de erlenmeyer de 125ml, uma proveta graduada, suporte universal, uma bureta com torneira de teflon, e um pHmetro (Marca MS Tecnopon Modelo MPA-210). Como reagentes, utiliza-se o hidróxido de sódio 0,02N e como solução o Fenolftaleína. Deste modo, primeiramente, foi medido pH (potencial hidrogeniônico) das três amostras de água, e para este ensaio não foi necessário correção, já que para este ensaio o pH pode ser qualquer índice, ao contrário do ensaio de alcalinidade que o pH deve ser igual ou maior que 8,5.

Com a proveta graduada foi medido um volume de 50ml de cada amostra e assim foi transferido para o balão de erlenmeyer. Após obter o volume necessário das três amostras no balão de erlenmeyer, adiciona-se três gotas do indicador Fenolftaleína que se misturam (Figura 3.47). Então, a bureta é preenchida com a solução de ácido sulfúrico 0,02 N, que fica gotejando dentro da amostra até que esta apresente uma passagem para a cor rosa choque.

Figura 3.47: Amostra com ácido sulfúrico



Fonte: As Autoras, 2023.

Anota-se a quantidade de ácido que foi gasto e então pode-se calcular a determinação de acidez ao alaranjado de metila ou alcalinidade total através da Equação (04).

$$\text{Acidez em mg de } \frac{\text{CaCO}_3}{\text{L}} = \frac{V_{\text{NaOH}}(\text{ml}) \cdot \text{Norm. base. 50000}}{V_{\text{amostra}}(\text{ml})} \quad (04)$$

3.6.5 Ensaio de Cloretos

O cloreto é um dos ânions mais comuns em águas naturais, em despejos industriais e esgotos domésticos. No entanto, mesmo em concentrações mais elevadas os cloretos não são prejudiciais à saúde humana, porém, conferem sabor salgado à água. Águas contendo muito cloreto são prejudiciais às tubulações, principalmente aquelas feitas com metais, além disso não são recomendadas à agricultura.

O método de ensaio na determinação de cloretos, baseia-se na titulometria de precipitação fracionada, que explora a diferença dos produtos de solubilidade entre os reagentes envolvidos na reação. Neste método, o haleto é titulado com solução padrão de nitrato de prata em presença de cromato de potássio como indicador.

Para realização deste ensaio, utilizou-se um balão de erlenmeyer de 125ml, uma pipeta graduada, proveta graduada, suporte universal, uma bureta com torneira de teflon, e um pHmetro (Marca MS Tecnopon Modelo MPA-210). Como reagentes, utiliza-se o Nitrato de Prata 0,0141 N e como solução indicadora o cromato de potássio. Dessa maneira, primeiramente, foi medido pH das três amostras de águas, sendo que as mesmas necessitaram de correção, visto que para o ensaio as amostras devem estar compreendidas entre os valores de pH de 7,0 a 10,0.

Com a proveta graduada foi medido um volume de 50ml de cada amostra e assim foi transferido para o balão de erlenmeyer. Após obter o volume necessário das três amostras no balão de erlenmeyer, adiciona-se 1ml do indicador cromato de potássio que se mistura na amostra. A bureta é então preenchida com a solução de Nitrato de Prata 0,0141 N, que fica gotejando dentro da amostra até que esta apresente uma passagem de cor do amarelo para um tom marrom (cor básico de um tijolo cerâmico escuro), conforme mostrado na Figura 3.48.

Figura 3.48: Amostra com Nitrato de Prata.



Fonte: As Autoras, 2023.

Anota-se a quantidade de ácido que foi gasto e calcula-se a determinação de alcalinidade ao alaranjado de metila ou alcalinidade total através da Equação (05).

$$\text{Cloretos (mg } \frac{C}{L} \text{)} = \frac{(A - B). N. 50,45. 10^3}{V_{amostra}(ml)} \quad (05)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios serão apresentados individualmente e em sequência, após, serão feitas comparações e as considerações das análises observadas.

4.1 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

Para este ensaio, os dados obtidos através da passagem das areias pelas peneiras foram inseridos na Tabela 4.1, que apresenta ainda os valores da dimensão máxima característica (DMC), e do módulo de finura (MF).

Uma vez obtidas as porcentagens retidas acumuladas de cada areia ensaiada, ou seja, areia natural comprada em loja de construção local (Paranaguá), areia da praia lavada e areia da praia não lavada pode-se construir o gráfico da composição granulométrica dessas areias (Figura 4.1). Ademais, nesse gráfico granulométrico tem-se ainda as curvas dos limites (inferiores e superiores) estabelecidos na antiga

norma NBR7211/2009, já que a norma atualizada NBR17054/2022 não especifica mais esses limites na curva granulométrica.

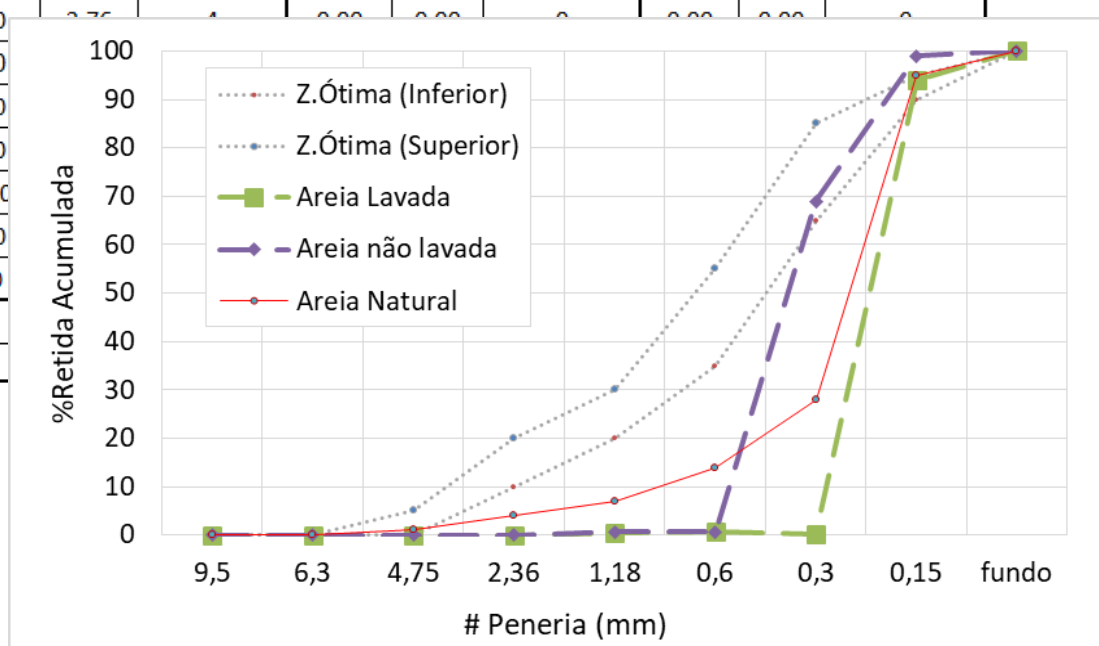
Tabela 4.1: Dados do ensaio de composição granulométrica.

PENEIRAS (mm)	AREIA NATURAL			AREIA NÃO LAVADA			AREIA LAVADA		
	PESO RETIDO (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA	PESO RETIDO (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA	PESO RETIDO (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA
6,30	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
4,80	12,20	1,22	1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
2,40	27,60	2,76	1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
1,20	80,30	8,03	1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
0,60	85,70	8,57	1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
0,30	68,80	6,88	1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
0,15	672,50	67,25	1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0
Fundo	52,90	5,29	100	0,00	0,00	100	0,00	0,00	100
Total	1000								
MF									
DMC									

Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 4.1: Composição granulométrica das areias

Fonte: As



Autoras, 2023.

A Tabela 4.2 apresenta a classificação de agregados segundo Wentworth (1992) referente a sedimentos clásticos em geral.

Tabela 4.2: Classificação de agregados Wentworth (1922).

Tamanho do grão mm	Classificação Wentworth (1922)
1024 a 257	Matacão
256 a 65	Bloco
64 a 5	Seixo
4 a 3	Grânulo
2 a 1	Areia Muito Grossa

0,5 a 1	Areia Grossa
0,25 a 0,5	Areia Média
0,125 a 0,25	Areia Fina
0,063 a 0,125	Areia Muito Fina
0,031 a 0,063	Silte Grosso
0,016 a 0,031	Silte Médio
0,008 a 0,016	Silte Fino
0,004 a 0,008	Silte Muito Fino
0,002 a 0,004	Argila Grossa
<0,002	Ultra-Argila

Fonte: Wentworth (1922).

Analisando a Tabela 4.1, na coluna (%Retida Acumulada) entre os grãos de areias estudadas, verifica-se que a areia natural adquirida no comércio local, possui grãos em todas as peneiras de séria normal, no entanto quase 67% desta areia contém grãos de areia fina, ou seja, retida na peneira 0,15mm. Não obstante, a essa comparação entre as areias da praia não lavada e lavada (Tabela 4.1) nas colunas (%Retida acumulada), constata-se ausência de grãos nas peneiras 4,8; 2,4; 1,2 e 0,6mm, fato que acarretará na curva granulométrica de grãos descontínuos, ou seja, não ocorrendo grãos médios e produzindo maiores vazios entres os grãos de agregados, aumentando o consumo de aglomerante.

Ressalta-se ao fato de que a areia da praia após ter sido submetida a lavagem com água corrente, os grãos da peneira 0,3mm foram carregados juntamente com a água, gerando efeito na ausência de grãos de areia nessa peneira.

A norma NBR7211/2022, apesar de antiga, classifica os grãos de agregados miúdos em muito fino, fino, médio e grosso. Logo, todas as areias estudadas neste trabalho, classificam-se como sendo muito finas, já que o módulo de finura dessas areias (Tabela 4.1) encontra-se abaixo de 2,0mm, assim conforme a norma, é classificada como areia muito fina.

Analisando os resultados das curvas granulométricas inseridos na Figura 4.1, verifica-se que todas as areias em questão, encontram-se abaixo dos limites dados pela NBR7211/2022, ou seja, das zonas ótimas (inferior e superior), assim dizendo, grandes quantidades de materiais finos e/ou muito finos.

Outrossim, ao comparar as quantidades que ficaram na peneira de 0,15mm com a classificação dada por Wentworth (1992), conforme Tabela 4.2, o grão é classificado como areia fina.

Por conseguinte, na prática, ao utilizar agregados muito finos ou finos, a demanda de água é elevada, uma vez que a área superficial aumenta, assim, mais água de amassamento deverá ser acrescentada à massa de argamassa e/ou de concretos.

4.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA

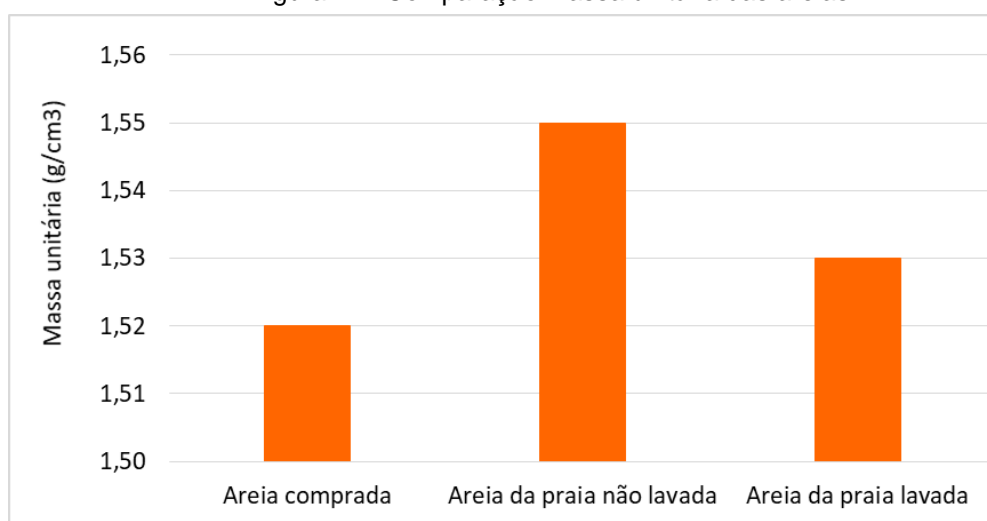
Foram realizadas três repetições de pesagens das massas das areias estudadas, obtendo-se dessa maneira, a massa unitária no estado solto. Assim os valores obtidos nos ensaios foram organizados na Tabela 4.3, e para uma melhor visualização desses resultados, desenhou-se o gráfico entre os resultados das areias (Figura 4.2).

Tabela 4.3: Massa unitária das areias.

Amostra	Massa 1 (g)	Massa 2 (g)	Massa 3 (g)	Volume do Recipiente (cm ³)	Massa unitária média (g/cm ³)
Areia convencional	730,4	730,2	730,5		1,52
Areia da praia não lavada	744,2	744,1	744,2	481,2	1,55
Areia da praia lavada	737	736,9	737,1		1,53

Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 4.2: Comparação massa unitária das areias.



Fonte: As Autoras, 2023.

Segundo BAUER (2019), a massa unitária média para a areia natural possui valor de $1,50 \text{ g/cm}^3$, nota-se que todos os valores obtidos para as areias estudadas ficam próximos a este valor. No entanto, sabe-se que quanto maior for o valor numérico da massa unitária (massa/volume), maior será a sua densidade, ou seja, em um mesmo volume cabem mais grãos, fato este que comprova a existência de mais grãos finos na areia em análise. Constatando-se que as areias em estudo de fato possuem maiores quantidades de grãos finos, já que a massa unitária obtida no ensaio é maior que a média da areia natural dada por BAUER (2019).

4.3 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA

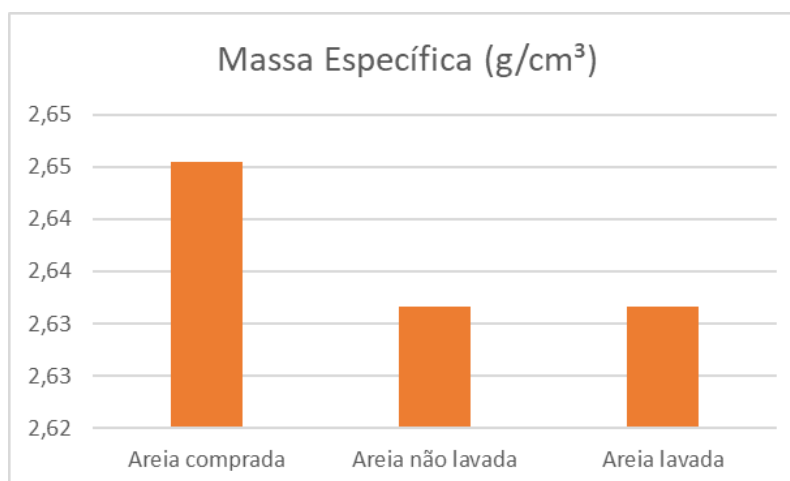
Os resultados obtidos nos ensaios com os frascos de Chapman, encontram-se na Tabela 4.4, juntamente com a determinação das massas específicas das areias. Ademais, a Figura 4.3 apresenta um comparativo das massas específicas obtidas entre as areias em estudo.

Tabela 4.4: Massa específica das areias.

Amostra	Leitura Final (cm^3)	Massa Específica (g/cm^3)
Areia comprada	389	2,65
Areia não lavada	390	2,63
Areia lavada	390	2,63

Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 4.3: Comparação massa específica das areias.



Fonte: As Autoras, 2023.

Através das observações na Tabela 4.4 e na Figura 4.3, percebe-se que as massas específicas das areias estudadas têm variações pequenas entre elas, devido ao fato de que todas possuem grãos praticamente finos e /ou muito finos.

Ademais, comparando as massas específicas das areias em questão com os autores Santos e Oliveira (2018), que realizaram caracterização de alguns materiais, conforme Tabela 4.5, a areia fina dos autores de massa específica de 2,63 g/cm³ encontra-se em igualdade com as areias em estudo (Tabela 4.4).

Tabela 4.5: Características dos materiais

Agregados	Massa Específica (kg/m ³)	Massa unitária (kg/m ³)
Areia Fina	2632	1985
Areia média	2604	1704
Filer	2650	1252
Sílica	2290	1483
	3077	1050
Cimento CPV ARI escória	1309	456
Pérolas de EPS	12	5,87

Fonte: Santos e Oliveira (2018).

4.4 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

Os resultados obtidos no ensaio de consistências dos 07 (sete) traços das argamassas estão contidos na Tabela 4.6. Na Figura 4.4 é ilustrada a média obtida de cada traço da argamassa estudada. Além disso, para melhor comparação entre os traços definidos para as substituições da areia natural com as areias da praia, apresenta-se na Tabela 4.7 as porcentagens de substituições de cada areia utilizada.

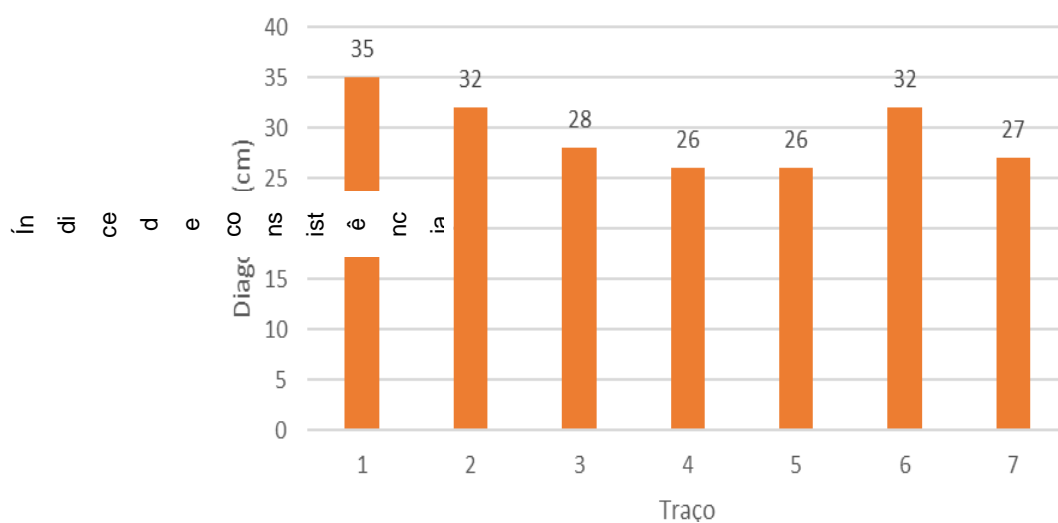
Tabela 4.6: Índice de consistências (IC) das argamassas.

Traço	Diagonal 1 (cm)	Diagonal 2 (cm)	Diagonal 3 (cm)	Média das Diagonais (cm)
1	35	36	35	35

2	32	31	32	32
3	28	28	27	28
4	26	27	26	26
5	26	27	26	26
6	32	32	31	32
7	27	28	27	27

Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 4.4: Abatimento das argamassas “flow table”.



Fonte: As Autoras, 2023.

Tabela 4.7: Índice de consistências (IC) das argamassas.

traços da argamassa	Cimento	Areia Natural	Areia da praia lavada	Areia da praia não lavada
1	1	100%		
2	1	50%	50%	
3	1	50%		50%
4	1	25%	75%	
5	1	25%		75%
6	1	0%	100%	
7	1	0%		100%

Fonte: As Autoras, 2023.

Conforme análise dos dados através da Figura 4.4, nota-se que o traço 1 (argamassa com areia natural comprada) apresentou o maior índice de consistência.

A argamassa confeccionada com este traço utilizando somente a areia natural comprada, indica que possui maior trabalhabilidade em relação aos demais traços, uma vez que a quantidade de água de amassamento manteve-se constante a todos os traços elaborados.

Comparativamente, ocorre o oposto com a consistência dos traços 4 e 5, tendo na composição do traço de referência a substituição de 75% da areia natural por areia da praia lavada e não lavada, respectivamente. O que corrobora com a composição granulométrica (Figura 4.1), ou seja, as areias da praia possuem mais grãos finos, conseqüentemente, demandam mais água de amassamento para molhar toda a área superficial da areia. Como resultado, menor o abatimento encontrado para esses traços.

4.5 DETERMINAÇÃO DA PERMEABILIDADE PELO MÉTODO DO CACHIMBO

No ensaio da permeabilidade pelo método do cachimbo foram utilizados os 07 (sete) tipos de traços de argamassas (Tabela 4.8) com as substituições da areia natural comprada pelas areias da praia, na qual os valores lidos no momento do ensaio estão sintetizados nesta tabela.

Porém, os dados obtidos nas leituras de permeabilidade foram reorganizados na Tabela 4.9 para melhor visualização e comparação, e posteriormente foi elaborado o gráfico comparativo presente na Figura 4.5.

Tabela 4.8: Leitura da permeabilidade no ensaio método do cachimbo.

Tempo (min)	Traço						
	1	2	3	4	5	6	7
1	3,5	3,5	1,75	3,45	1,75	2,5	1,5
2	3,5	3,5	1	3,4	0,5	2	0,75
3	3,45	3,4	0	3,4	0	1,5	0
4	3,4	3,25		3,4		1	
5	3,35	3,25		3,4		0,75	
6	3,3	3,2		3,4		0,5	
7	3,25	3,15		3,4		0	
8	3,25	3,05		3,35			
9	3,2	3		3,35			
10	3,15	3		3,35			

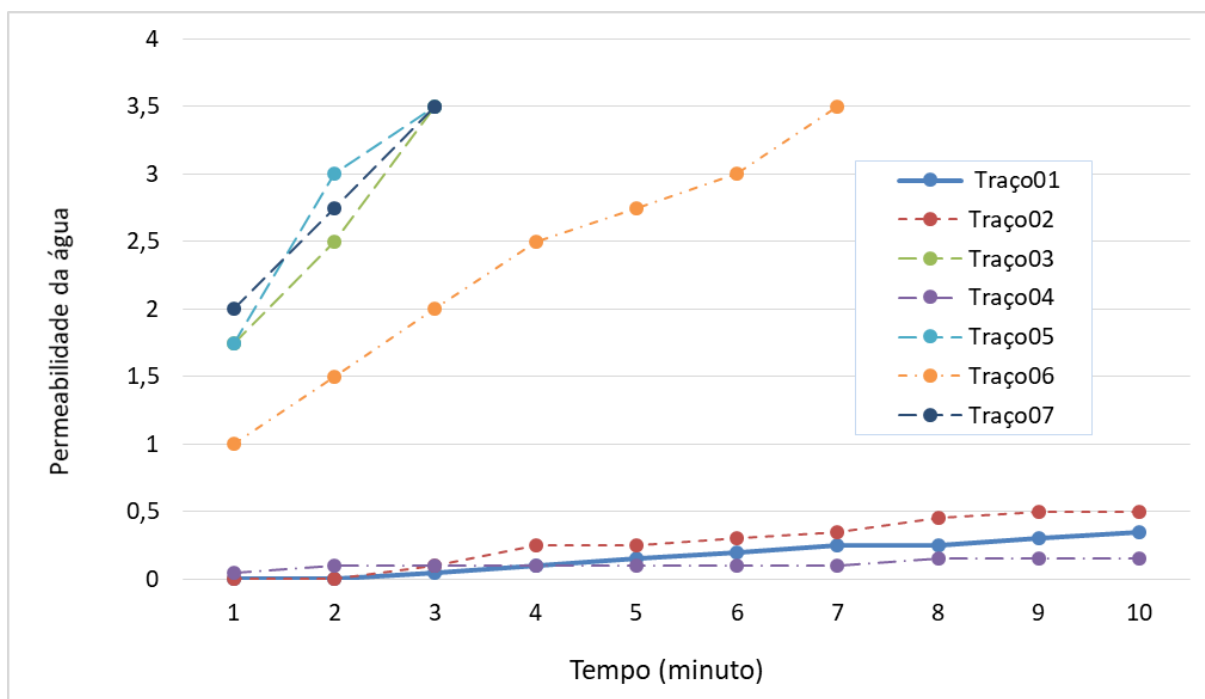
Fonte: As Autoras, 2023.

Tabela 4.9: Permeabilidade no ensaio método do cachimbo.

tempo (minuto)	Traços das argamassas e Permeabilidade da água													
	traço 1		traço 2		traço 3		traço 4		traço 5		traço 6		traço 7	
0	3,5	Abs1	3,5	Abs2	3,5	Abs3	3,5	Abs4	3,5	Abs5	3,5	Abs6	3,5	Abs7
1	3,5	0	3,5	0	1,75	1,75	3,45	0,05	1,75	1,75	2,5	1	1,5	2
2	3,5	0	3,5	0	1	2,5	3,4	0,1	0,5	3	2	1,5	0,75	2,75
3	3,45	0,05	3,4	0,1	0	3,5	3,4	0,1	0	3,5	1,5	2	0	3,5
4	3,4	0,1	3,25	0,25			3,4	0,1			1	2,5		
5	3,35	0,15	3,25	0,25			3,4	0,1			0,75	2,75		
6	3,3	0,2	3,2	0,3			3,4	0,1			0,5	3		
7	3,25	0,25	3,15	0,35			3,4	0,1			0	3,5		
8	3,25	0,25	3,05	0,45			3,35	0,15						
9	3,2	0,3	3	0,5			3,35	0,15						
10	3,15	0,35	3	0,5			3,35	0,15						

Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 4.5: Permeabilidade da água pelo método do cachimbo



Fonte: As Autoras, 2023.

Observando-se a Figura 4.5, referente aos dados obtidos no ensaio de permeabilidade (Tabelas 4.8 e 4.9) em laboratório, verifica-se que a argamassa com o traço 01 (100% com areia natural) possui menor permeabilidade à água, já que decorridos os 10 primeiros minutos, o reservatório do frasco do cachimbo ainda possuía água, ou seja, esta água não penetrou no corpo da argamassa.

Por outro lado, as argamassas preparadas com substituições da areia natural pela areia da praia (lavada e não lavada) tiveram maior permeabilidade da água no corpo de prova. Percebe-se ainda que em algumas argamassas confeccionadas com a areia de praia houve a sucção da água contida no frasco após 3,0 minutos do início do ensaio.

No entanto, algumas medições feitas com as areias da praia também tiveram água no frasco após os 10 minutos de ensaios, o cachimbo foi colocado na parte superior do corpo de prova, na qual cria-se uma camada fina de água de forma que concentra maior quantidade de aglomerante. Assim, a água emergiu por exsudação, fato constatado nos traços de números 02 e 04.

4.6 DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL

Para este ensaio, os corpos de prova de todos os traços das argamassas - já submetidos à secagem na estufa - foram pesados para obter a massa seca. E em seguida colocados em um recipiente com lâmina d'água de 5mm de altura. Após 1 minuto cronometrado, os corpos de provas foram pesados novamente para verificar a absorção de água inicial por capilaridade.

Dessa forma, a Tabela 4.10 ilustra os resultados dos ensaios de absorção inicial, a partir da imersão na lâmina de água (5mm) a cada 1 minuto, até 10 minutos.

De maneira a realçar melhor os resultados obtidos no ensaio de absorção, fez-se os gráficos comparativos entre a massa das argamassas no estado seco, após 1 minuto na lâmina de água (Figura 4.6), e após 10 minutos (Figura 4.7).

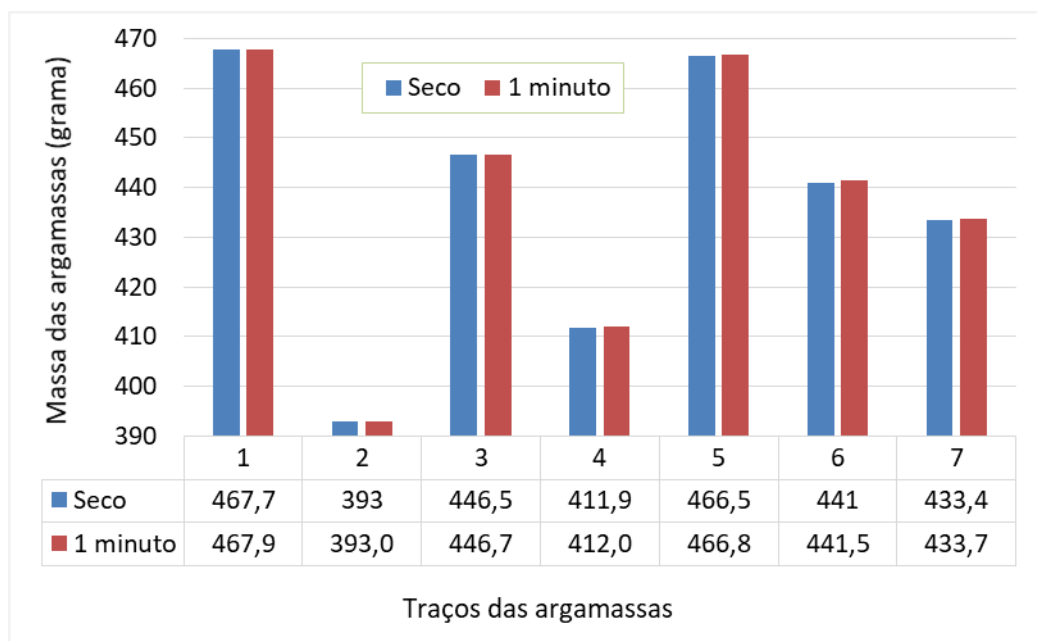
Tabela 4.10: Absorção de água

Tempo (min)	Traços						
	1	2	3	4	5	6	7
seco	467,7	393	446,5	411,9	466,5	441	433,4
1	467,9	393,0	446,7	412,0	466,8	441,5	433,7
2	468,2	393,4	448,4	413,5	468,2	444,1	435,4
3	468,5	393,9	448,8	414,7	469,7	446,3	437,2
4	468,8	394,0	450,9	415,7	470,4	447,8	438,1
5	469,0	395,1	451,8	416,3	471,1	449,1	438,8
6	469,0	395,6	452,8	416,7	471,2	450,1	439,3
7	469,8	395,9	453,6	417,7	472,3	451,5	440,5
8	470,0	396,0	454,2	418,1	472,4	451,9	440,7
9	470,0	396,,3	454,9	418,3	472,9	442,9	441,2
10	470,5	396,5	455,7	419,4	473,3	453,9	442,1

Fonte: As Autoras, 2023.

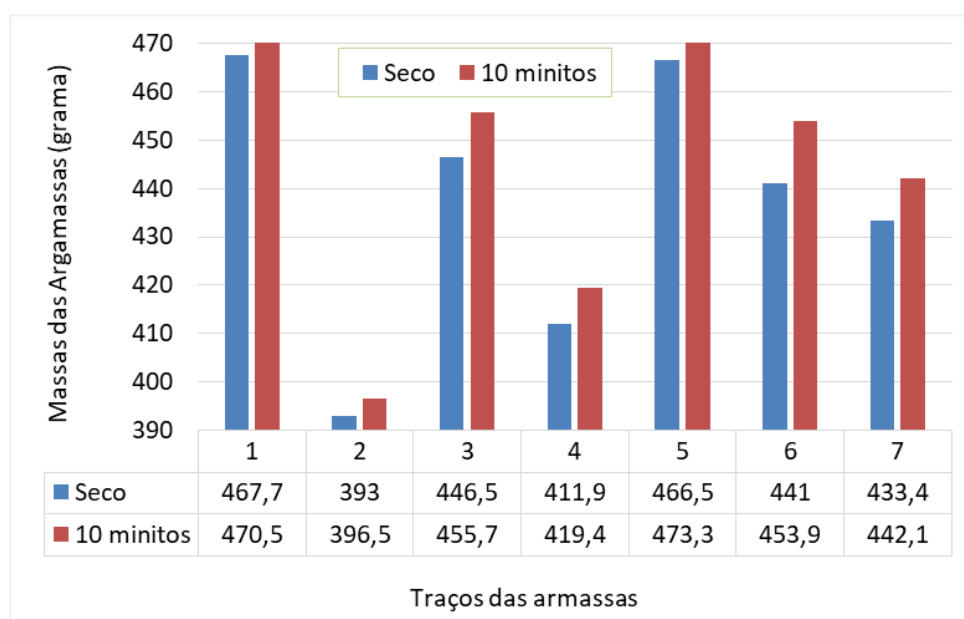
Em virtude dos resultados da Tabela 4.10, verifica-se que todos os corpos de provas dos 7 tipos de argamassas absorveram água com o passar do tempo, quando imersos na lâmina de 5mm de água. Em razão do aumento da massa em comparação com a massa no estado seco.

Figura 4.6: Absorção de água após 1,0 minuto.



Fonte: As Autoras, 2023.

Figura 4.7: Absorção de água após 10 minutos.



Fonte: As Autoras, 2023.

Comparando os acréscimos de água nos corpos de provas das argamassas após 1 minuto e 10 minutos em relação à condição seca, percebe-se ganho nas massas dos 7 tipos de traços dos corpos de provas, devido ao incremento de peso em função da absorção de água, ou seja, cerca de 1% de absorção de água após 10 minutos de ensaio.

Isto posto, mostra que na prática o uso dessas argamassas na construção civil irá rapidamente absorver água do substrato, assim, para evitar a perda de água do substrato para a argamassa, é interessante molhar levemente os elementos que ficaram em contato direto com essa massa de argamassa.

4.7 ENSAIOS DE PH

De acordo com a NBR 15900/2009, a qual especifica os requisitos para a água a ser considerada adequada ao preparo de concreto e argamassas, analisou-se a água marinha coletada, bem como a água das lavagens das areias da praia. Com isso, através do pHmetro foi possível medir o pH da amostra das misturas das águas coletadas nos cinco locais estudados, bem como a amostra da água da primeira lavagem e a água da última lavagem. Os valores apresentados na Tabela 4.11, são capazes de determinar se a amostra coletada é ácida, neutra ou alcalina.

Tabela 4.11: pH das amostras.

Amostras	pH
Mistura das águas	6,58
Água da 1ª lavagem	6,68
Água da 5ª lavagem	5,65

Fonte: As Autoras, 2023.

O valor do pH é representado em uma escala que engloba valores entre 0 e 14, considerando o valor de número 7 (sete) como um valor neutro. O valor 0 (zero) representa a acidez máxima e o valor 14 (catorze) a alcalinidade máxima.

Assim, conforme Tabela 4.11 dos resultados medidos para cada amostra, todas caracterizam-se como sendo ácidas, uma vez que os valores do pH das amostras ficaram entre 0 e 7, e quando está entre 7 e 14 as substâncias são consideradas alcalinas ou básicas (EMBRAPA, 1979). Todavia, o pH da água influencia na resistência da argamassa porque afeta a solubilidade dos materiais usados no preparo. Quando o pH é muito alto, as impurezas e íons não podem se dissolver bem, o que pode reduzir a resistência da argamassa. Se o pH for muito baixo, os sais presentes podem reagir com outros componentes e formar compostos insolúveis, influenciando também na redução da resistência da argamassa (FILHO, 2013).

Por esse fato, o uso da água do mar na argamassa não é recomendado, pois pode resultar em reações químicas indesejáveis, principalmente com os componentes do aglomerante. Além disso, a água do mar tem um alto teor de sal, o que reduz a resistência da argamassa à tração e a compressão. Assim sendo, deve-se utilizar água corrente da concessionária para preparos de argamassas.

4.8 ENSAIO DE CONDUTIVIDADE

A condutividade da água pode afetar a aderência, resistência e durabilidade da argamassa. A condutividade da água é uma medida do conteúdo mineral e pode influenciar os processos químicos que ocorrem durante o endurecimento da argamassa. Portanto, recomenda-se usar água com baixo teor de minerais para evitar problemas com a aderência, resistência e durabilidade da argamassa.

Os valores encontrados no ensaio nas amostras das águas estão apresentados na Tabela 4.12.

Tabela 4.12: Condutividade

Amostras	Condutividade mS/cm
Mistura das águas	11,48
Água da 1ª lavagem	0,27
Água da 5ª lavagem	0,21

Fonte: As Autoras, 2023.

O ensaio de condutividade da água é importante para determinar a quantidade de minerais dissolvidos na água, o que permite que os engenheiros possam escolher a melhor mistura de cimento e agregados para usar na argamassa. Os resultados do ensaio também podem indicar se a água pode ser corrosiva ou não.

A argamassa com condutividade da água pode ser afastada por três propriedades principais: permeabilidade, retenção de água e resistência à penetração. O grau de permeabilidade é importante para controlar o fluxo de água no solo, enquanto que a retenção de água mede a quantidade de água que a argamassa irá

armazenar. Por fim, a resistência à penetração mede a capacidade da argamassa em bloquear a penetração da água.

4.9 ENSAIO DE ALCALINIDADE

O ensaio de alcalinidade pode ser dividido em duas partes: ensaio de alcalinidade parcial e alcalinidade total. Todavia, as três amostras utilizadas não apresentaram resultados para o ensaio de alcalinidade parcial.

Sabe-se que a alcalinidade é uma medida que deve estar entre 120-150 ppm, e que concede a capacidade para a água neutralizar os ácidos. Essa condição é conhecida como o efeito de tampão ou a capacidade da água de resistir a uma alteração no pH quando é adicionado um ácido.

A Tabela 4.13 apresenta o resultado da alcalinidade total da amostra das misturas das águas que apresentou maior valor, água da primeira lavagem e água da quinta lavagem que resultou no menor valor.

Tabela 4.13: Alcalinidade.

Amostras	Volume da amostra (ml)	Volume de ácido sulfúrico (ml)	Alcalinidade total
Mistura das águas	50	6,4	128
Água da 1ª lavagem	50	1,1	22
Água da 5ª lavagem	50	0,6	12

Fonte: As Autoras, 2023.

A alcalinidade da água pode interferir na argamassa, pois tem um impacto na reação entre o cimento e os agregados. Se a alcalinidade é muito alta, pode ocorrer a formação de depósitos e incrustações e se a alcalinidade for muito baixa, o resultado é a ocorrência de corrosão (ALVES, 2016). Para este ensaio, o pH das amostras não foi corrigido pois haveria alteração dos resultados, portanto, a mistura das águas coletadas no mar apresentou uma alcalinidade significativamente maior do que as águas da rede de abastecimento.

4.10 ENSAIO DE ACIDEZ

A Tabela 4.14 apresenta o teor de acidez de cada amostra analisada através do ensaio. A acidez da água pode interferir na argamassa, pois ela afeta a reatividade das partículas do cimento, diminuindo assim sua resistência à compressão. Além disso, o pH alcalino reduz o efeito de ligação entre as partículas da argamassa, reduzindo assim seu desempenho estrutural. Por isso, é importante controlar o pH da água usada para preparar a argamassa, para que se obtenha uma mistura com qualidade adequada.

Tabela 4.14: Teor de acidez.

Amostras	Volume da amostra (ml)	Volume de ácido sulfúrico (ml)	Acidez
Mistura das águas	50	1,4	28
Água da 1ª lavagem	50	0,5	10
Água da 5ª lavagem	50	1,9	38

Fonte: As Autoras, 2023.

Uma das principais vantagens de se fazer o ensaio de acidez da água é para determinar se ela pode ser usada com segurança na argamassa. A concentração de ácidos na água pode afetar a qualidade da argamassa, pois eles podem corroer os materiais que compõem a argamassa e prejudicar sua resistência mecânica e durabilidade. Além disso, a presença excessiva de sais também pode afetar a estrutura da argamassa, tornando-a menos resistente às intempéries. Portanto, o ensaio de acidez da água é importante para garantir que ela seja adequada para o uso na argamassa.

A acidez da água pode afetar a estabilidade química da argamassa. Dependendo do teor de acidez da água, alguns dos seguintes efeitos podem ocorrer: redução na resistência de aderência, diminuição na resistência à tração e aumento na absorção de água. O uso de água mais neutra é recomendado para minimizar esses efeitos.

Das três amostras analisadas, a mistura das águas marinhas coletadas mostrou um nível de acidez maior do que o restante das amostras como apresentado na Tabela 4.14.

4.11 ENSAIO DE CLORETOS

O teor de cloretos resultantes do ensaio nas três amostras é apresentado na Tabela 4.15. Os cloretos são sais minerais que estão presentes na água. Esses sais são comumente formados por cloreto de sódio (NaCl) e ajudam a afetar o sabor, cor e odor da água. Alguns dos benefícios do uso de cloretos na água incluem a proteção contra o desenvolvimento de bactérias, o controle da acidez da água e o melhoramento da sua qualidade geral.

Todavia os cloretos como são sais que se dissolvem na água, e quando estão presentes em excesso, podem interferir na aderência da argamassa às superfícies. Isso acontece porque os cloretos liberam íons com carga negativa que reagem com o cimento, o que afeta suas propriedades de aderência. Além disso, os cloretos também provocam desidratação do material, o que prejudica a estabilidade do revestimento. Portanto, é necessário garantir que a água utilizada para misturar a argamassa não contenha altos níveis de cloretos para garantir sua qualidade.

Dessa maneira, a Tabela 4.15 expõe os valores dos teores de cloretos encontrados nas amostras das águas em estudo.

Tabela 4.15: Teor de cloretos.

Amostras	Volume da amostra (ml)	Volume de Cromato de potássio (ml)	Volume de Nitrato de prata (ml)	Cloretos
Mistura das águas	50	1	-	-
Água da 1ª lavagem	50	0,1	4,2	58,33029
Água da 5ª lavagem	50	0,1	11,1	156,4959

Fonte: As Autoras, 2023.

Fazer o ensaio de cloretos da água é importante para garantir que não haja corrosão na argamassa resultante. O ensaio mede a quantidade de cloretos presentes na água, permitindo que os engenheiros possam calcular a resistência à corrosão. Os resultados do ensaio também servem como referência para a escolha da melhor mistura de cimento e agregados para usar na argamassa.

5 CONCLUSÃO

A caracterização das areias estudadas, apresentou como resultado a classificação das areias como finas e/ou muito finas. Em todo o caso, essas areias contêm porcentagem de grãos que ficam retidos na peneira 0,3mm, ou seja, ocasionando em grãos descontínuos, sendo prejudicial seu uso sem correções na curva granulométrica, já que produz maior índice de vazios na massa de argamassas e de concretos.

Diante do exposto, do ponto de vista físico, o uso de areias de praia em argamassas é possível desde que realize a correção dos grãos da areia na curva granulométrica, evitando-se falta de grãos em algumas peneiras e o excesso em outras, ou seja, ficando dentro dos limites máximo e mínimos recomendados na NBR7211/1983.

Nas argamassas no seu estado fresco, percebeu-se que ocorre menor fluidez na massa da argamassa quando confeccionadas com areias da praia, de tal maneira que essa maior rigidez não seja interessante à aplicação dessas, bem como não apresenta trabalhabilidade adequada ao uso pelos profissionais.

O estudo das argamassas no estado endurecido com relação à permeabilidade da água pelo método do cachimbo, visto que o uso da areia natural adquirida no comércio local proporciona uma pequena melhora no ensaio, já que no término de 10 minutos o frasco continha água, ou seja, houve menor permeabilidade de água nessa argamassa quando comparada com as confeccionadas com areia da praia.

No estudo da absorção de água inicial nas argamassas preparadas, houve aumento da massa em cerca de 1% de ganho de água em todos os traços elaborados, o que revela que o uso dessas argamassas em elementos da construção civil irá absorver água inicial com certa rapidez do substrato.

As análises realizadas nas amostras de água, evidenciaram a não recomendação da água marinha para a composição da argamassa, visto que, apesar de apresentar acidez semelhante às demais, e baixo teor de pH indicando que as águas foram ácidas, esta apresentou alta condutividade e alcalinidade podendo acarretar na formação de depósitos e incrustações, danificando equipamentos e até mesmo promovendo a proliferação de organismos. Para o ensaio de cloretos, a água do mar apresentou alguma substância que não reagiu com o nitrato de prata, ou seja, seu teor não pôde ser calculado. Ainda, a água do mar pode desagregar ou decompor os aglomerantes presentes na massa em função do cimento, e por isso, não deve ser

utilizada na preparação de concretos e argamassas. Para assegurar a boa infraestrutura das construções, é necessário utilizar uma água de boa qualidade e que esteja dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 15900/2009.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para a continuidade da avaliação da viabilidade da areia coletada nas praias na composição de argamassas, seguem algumas sugestões para trabalhos e pesquisas futuras que possam contribuir para esta linha de pesquisa:

- Utilização de impermeabilizantes na argamassa no seu estado endurecido;
- Avaliação do desempenho das argamassas elaboradas com agregado miúdo da região;
- Avaliação da resistência à ruptura de argamassas fabricadas com areia da praia.
-
-
-
-
-
-

- **6 REFERÊNCIAS**

ABNT, NBR 13278: **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos** -Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado, Rio de Janeiro, 2005.

ABNT, NBR 13276: **Argamassa para assentamento e revestimentos de paredes e tetos** – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência, Rio de Janeiro, 2005.

AGOPYAN, V., JOHN, V. M., **O desafio da sustentabilidade na construção civil**
In:GODEMBERG, J. (Coord.), Sustentabilidade, 1 ed., 5 v. São Paulo, Blücher, 2011.

Alves, L. C.; Lamour, M. R., 2010. **Dados preliminares do mapeamento sedimentológico de células de deriva longitudinal litorânea nas praias do município de Pontal do Paraná (PR)**. XXII Semana Nacional de Oceanografia. Itanhaém, São Paulo. Resumo expandido.

ANGULO, R. J.; SOARES, C. R.; MARONE, E.;SOUZA, M. C.; ODRESKI, L.L.R.; NOERNBERG, M. A. Paraná. In: MUEHE, D. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 347-400.

CAMARGO, Dayane Jackes; MOREIRAS, Sergio Trajano Franco. **Estudo da influência granulométrica do agregado miúdo para uso em argamassas de revestimento**. Universidade Estadual de Maringá, Umuarama - PR, 2017.

CAVALCANTI, Vanessa; FREIRE, George. **A Possibilidade de Utilização de Areias Marinhas como Agregado na Construção Civil na Região Metropolitana de Fortaleza**. Gravel, Porto Alegre, v. 5,p. 11-24, 2007

FERREIRA, R. L. S.; BARROS, I. M. S.; COSTA, T. C. S. revista Matéria, v. 24, n. 2, 2019.

GOMES, Abílio S.; PALMA, Jorge J. C.; SILVA, Cleverson G. **Causas e consequências do impacto ambiental da exploração dos recursos minerais marinhos**. Revista Brasileira de Geofísica, v. 18, n. 3, p. 447-454, 2000.

LIMEIRA, J., AGULLÓ, L., ETXEBERRIA, M., “**Dredged marine sand as a new source for construction materials**”, *Materiales de Construcción*, v. 62, n. 305, pp. 7-24, 2012.

NBR 9917. **Agregados para concreto-Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2009.

NBR 7211. **Agregados para concreto-Especificação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2005.

NOSSA CIDADE. **Pontal do Paraná**, 2023. Disponível em: <http://www.pontaldoparana.pr.gov.br//index.php?sessao=b054603368ncb0&id=1842>. Acesso em 10 jan. 2023.

OLIVEIRA M.B. **Caracterização da linha de costa do Estado de Sergipe – Brasil 2003**. 102 f.(Mestrado em Geologia – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 200.

PRUDÊNCIO JR, L. R.; OLIVEIRA, A. L., BEDIN, C.A. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Editora Gráfica Palloti, Florianópolis, 2003.

SILVA, Gabriel Almeida; VIEIRA; Rogério Borges; Oliveira, Douglas. **Viabilidade do uso de areia de praia aplicada em argamassas de revestimento**. *Revista Perquirere*, v.15, n.3, p. 40-54, 2018.

SANTOS, Heraldo Barbosa dos. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. 2008. 50f. Monografia (Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

RUBENS DA SILVA FILHO, Joel. **ESTUDO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE ARGAMASSAS UTILIZADAS PARA RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**. Tese (Bacharelado em Engenharia Civil) – UTFPR. Paraná, p. 69. 2013.

VOTORAN. **Cimentos**. Disponível em Acesso em: 12 jan. 2023.

