



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LEVY TEIXEIRA MELO

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO
PRODUZIDAS COM ARISCO TÍPICAMENTE UTILIZADAS NA CIDADE DE
CRATEÚS-CE**

CRATEÚS
2022

LEVY TEIXEIRA MELO

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO
PRODUZIDAS COM ARISCO TIPICAMENTE UTILIZADAS NA CIDADE DE
CRATEÚS-CE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dra. Heloína Nogueira da
Costa.

CRATEÚS

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M485c Melo, Levy Teixeira.

Caracterização tecnológica de argamassas de revestimento produzidas com arisco tipicamente utilizadas na cidade de Crateús-CE / Levy Teixeira Melo. – 2022.

64 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2022.

Orientação: Profa. Dra. Heloína Nogueira da Costa.

1. Argamassa de revestimento. 2. Agregado. 3. Arisco. I. Título.

CDD 620

LEVY TEIXEIRA MELO

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO
PRODUZIDAS COM ARISCO TÍPICAMENTE UTILIZADAS NA CIDADE DE
CRATEÚS-CE

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Heloína Nogueira da Costa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Ms. Jorge Luis Santos Ferreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Ms. Tathiana Moratti
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Doraly Filho e Lucélia

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente à Deus, por me abençoar e ter dado durante todo esse tempo coragem e sabedoria, não deixando em nenhum momento fazer eu desistir dos meus sonhos, mesmo com as várias dificuldades apresentadas durante esses quase três anos de trabalho de graduação.

Aos meus pais, Doraly Filho e Lucélia, pelo amor incondicional sempre demonstrado a mim, e por saber que estão sempre me apoiando em todas minhas decisões.

Aos meus avós paternos, Doraly Melo e Maria Soares, e avós maternos, Papidinho e Mampeta, carinhosamente chamados. Que sempre estiveram presentes na minha vida. Tenho muito a agradecer por tê-los por perto até hoje e muito amor a retribuir pelo o que fazem por mim.

Aos meus irmãos, Doraly Neto e Letícia, por estarem comigo durante todas as etapas da minha vida, nunca deixando faltar ajuda e companheirismo.

À minha namorada Yasmin, por estar comigo nos últimos 6 anos, me acompanhando em tudo e propiciando os melhores momentos da minha vida pessoal, sua presença sempre imprescindível nas situações boas e difíceis da vida. Obrigado por ser essa pessoa companheira e adorável que tanto amo.

À todos os meus familiares (sem exceções) e amigos, que sempre me incentivaram e demonstraram carinho comigo, o sentimento é recíproco.

A Prof. Dra. Heloína Nogueira da Costa, por ter proporcionado ainda em 2020 o maior e mais prazeroso desafio da minha jornada acadêmica, e por ocasiões da vida, só agora está concluído. Além de me incentivar durante esses anos a superar desafios constantes para que meu sonho se torne realidade.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Ms. Jorge Luís e a Prof. Ms. Tathyana Moratti, pela disponibilidade e terem aceito o convite prontamente.

A equipe do LMCC – Campus Fortaleza, em especial ao Helano e Manoel, assim como a turma do ReActive, antigo GPEM, principalmente ao João Victor, que me acompanhou, prontamente, em todas as análises laboratoriais.

À todo o corpo docente e quadro de funcionários que compõe a Universidade Federal do Ceará – Campus Crateús, por terem contribuindo direta ou indiretamente no meu crescimento acadêmico e profissional.

“A maioria das coisas no mundo foram realizadas por pessoas que continuaram tentando quando parecia não haver mais nenhuma esperança de sucesso”

(Dale Carnegie)

RESUMO

As argamassas de revestimento são bastantes utilizadas na construção civil, sendo normatizada pela ABNT NBR 13529:2013, que a define como, diversas camadas superpostas, aptas a receber o acabamento final. As argamassas de revestimento são constituídas por água, aglomerantes, agregados e aditivos. Contudo, nos Sertões de Crateús, a cal (aglomerante) está sendo trocada por ariscos, motivado por ser abundante na região e pelos colaboradores da construção civil, por terem adquiridos conhecimento do seu uso ao longo dos anos. Entretanto, o arisco, além de não ser conhecido a sua influência nas características do revestimento argamassado, também não passa por algum beneficiamento antes da sua utilização. Portanto, devido o desconhecimento das propriedades das argamassas de revestimento com arisco, o presente estudo tem como objetivo caracterizar tecnologicamente as argamassas produzidas na cidade Crateús-CE, com o uso de ariscos locais. A metodologia consiste na confecção de três argamassas de revestimento com a introdução de diferentes ariscos, nomeadas como AA1, AA2 e AA3, onde foi utilizado o traço em volume 1:2:1 (cimento, areia, arisco) e fixado uma relação água/cimento de 0,98 para todas. Analisou-se o desempenho das argamassas no estado fresco (índice de consistência, densidade de massa e teor de ar incorporado) e no estado endurecido aos 28 dias (resistência à tração na flexão, resistência à compressão axial e resistência de aderência à tração). Os resultados no estado fresco mostraram que apenas a argamassa AA1 ficou compreendida no espalhamento ideal de 260 ± 5 mm, contudo a trabalhabilidade e a moldagem das outras amostras foram satisfatórias. As três argamassas apresentaram boa relação de densidade de massa e teor de ar incorporado. Em relação a resistência à tração na flexão e à compressão axial, todas as argamassas apresentaram bons resultados e foram classificadas nas faixas mais altas. Contudo, no teste de aderência à tração apenas AA2 obteve a resistência mínima para paredes internas. Entretanto, de modo geral, as argamassas produzidas com ariscos, apresentaram propriedades que as tornam viáveis para a utilização em revestimentos internos.

Palavras-chave: Argamassa de revestimento. Agregado. Arisco.

ABSTRACT

Coating mortars are widely used in civil construction, being standardized by ABNT NBR 13529: 2013, which defines it as several overlapping layers, able to receive the final finish. Coating mortars consist of water, binders, aggregates and additives. However, in the Sertões de Crateús, lime (binder) is being replaced by ariscos, motivated by its abundance in the region and by civil construction workers, who have acquired knowledge of its use over the years. However, arisco, in addition to not knowing its influence on the characteristics of the mortar coating, also does not undergo any processing before use. Therefore, due to the lack of knowledge of the properties of coating mortars with arisk, the present study aims to characterize technologically the mortars produced in the city of Crateús-CE, with the use of local ariscos. The methodology consists of making three coating mortars with the introduction of different ariscos, named as AA1, AA2 and AA3, where the mix in volume 1:2:1 (cement, sand, arisco) was used and a water/cement ratio was fixed. 0.98 cement for all. The performance of the mortars was analyzed in the fresh state (consistency index, mass density and incorporated air content) and in the hardened state at 28 days (flexural tensile strength, axial compression strength and tensile adhesion strength). The results in the fresh state showed that only the AA1 mortar was included in the ideal spreading of 260 ± 5 mm, however the workability and molding of the other samples were satisfactory. The three mortars showed a good ratio of mass density and incorporated air content. With regard to tensile strength in flexion and axial compression, all mortars showed good results and were classified in the highest ranges. However, in the tensile adhesion test, only AA2 obtained the minimum resistance for internal walls. However, in general, the mortars produced with ariscos, presented properties that make them viable for use in internal coatings.

Keywords: Coating mortars. Aggregate. Arisco.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Camadas de um revestimento argamassado.....	22
Figura 2	– Areia, exemplo de agregado miúdo.....	27
Figura 3	– Arisco utilizado em obra na cidade de Crateús-CE	30
Figura 4	– Procedimento metodológico	35
Figura 5	– Agregados utilizados. a) Areia; b) Arisco 1; c) Arisco 2; d) Arisco 3.	37
Figura 6	– Preparo da argamassa em laboratório	41
Figura 7	– Corpos de prova preparados em laboratório	42
Figura 8	– Corpos de prova retangulares em cura	42
Figura 9	– Blocos cerâmico (a) Chapiscado e (b) Rebocado.....	44
Figura 10	– Blocos cerâmicos argamassados	45
Figura 11	– Ensaio de aderência à tração (a) Perfuração e (b) Arrancamento...	45
Figura 12	– Incidência de ruptura no teste de aderência à tração. (a) ruptura na argamassa; (b) ruptura na interface argamassa/chapisco.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Análise granulométrica dos agregados miúdos	39
Gráfico 2 – Resistência à tração na flexão das argamassas	49
Gráfico 3 – Resistência à compressão axial das argamassas	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Limites de resistência de aderência à tração	33
Tabela 2	– Propriedades químicas do cimento	36
Tabela 3	– Propriedades físicas do cimento	36
Tabela 4	– Propriedades física dos agregados	39
Tabela 5	– Traços utilizados na preparação das argamassas	41
Tabela 6	– Índice de consistência das argamassas no estado fresco	47
Tabela 7	– Densidade de massa e teor de ar incorporado das argamassas ...	48
Tabela 8	– Resistência de aderência à tração das argamassas	51
Tabela 9	– Incidência de ruptura no teste de aderência à tração	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das argamassas de revestimento, conforme NBR 13529 (ABNT, 2013)	19
Quadro 2 – Classificação das argamassas de revestimento, quanto suas camadas	21
Quadro 3 – Classificação dos cimentos Portland	24
Quadro 4 – Propriedades das argamassas em função da quantidade de cal ...	25
Quadro 5 – Propriedades x Granulometria dos agregados	26
Quadro 6 – Tipos de aditivos utilizados nas argamassas	28
Quadro 7 – Ensaio para caracterização física dos agregados	38
Quadro 8 – Ensaio realizados na argamassa de revestimento	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
NM	Norma Mercosul
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
CP	Cimento Portland
DNER	Departamento Nacional de Estradas e Rodovias
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
Na ₂ O	Óxido de Sódio
K ₂ O	Óxido de Potássio
MgO	Óxido de Magnésio
SO ₃	Trióxido de Enxofre
MPa	Mega Pascal
MF	Módulo de Finura
RA	Resistência de aderência
RI	Resíduo Insolúvel
PF	Perda ao Fogo
AA	Argamassa de Arisco
UFC	Universidade Federal do Ceará
LMCC	Laboratório de Materiais de Construção Civil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Contextualização	17
1.2	Objetivos	18
1.2.1	Objetivo geral	18
1.2.2	Objetivos específicos	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Argamassa de Revestimento	19
2.2	Componentes das argamassas de revestimento	22
2.2.1	Aglomerantes	22
2.2.2	Agregados	25
2.2.3	Água	27
2.2.4	Aditivos	28
2.2.5	Arisco	29
2.3	Propriedades das argamassas de revestimento	30
2.3.1	Propriedades no estado fresco	31
2.3.2	Propriedades no estado endurecido	32
3	MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1	Materiais	35
3.1.1	Cimento Portland	36
3.1.2	Água	37
3.1.3	Agregados: areia e arisco	37
3.2	Procedimento metodológico	40
3.2.1	Dosagem e preparação das argamassas	40
3.2.2	Ensaio	43
3.2.2.1	Resistência de aderência à tração	43
4	RESULTADOS	47
4.1	Propriedades no estado fresco	47
4.1.1	Índice de consistência	47
4.1.2	Densidade de massa e teor de ar incorporado	48
4.2	Propriedades no estado endurecido	49

4.2.1	<i>Resistência à tração na flexão</i>	49
4.2.2	<i>Resistência à compressão axial</i>	50
4.2.3	<i>Resistência de aderência à tração</i>	51
5	CONCLUSÃO	54
5.1	Sugestões de trabalhos futuros	55
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICE A – RESULTADOS BRUTOS DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO DAS ARGAMASSAS COM ARISCOS	61
	APÊNDICE B – RESULTADOS BRUTOS DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL DAS ARGAMASSAS COM ARISCOS	62
	APÊNDICE C – RESULTADOS BRUTOS DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DAS ARGAMASSAS COM ARISCOS	63

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

No Brasil, a maioria das obras de edificações emprega revestimento de argamassa. O uso desse material é normatizado pela NBR 13529 (ABNT, 2013), que o define como o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, aptas a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final com funções e características específicas (chapisco, emboço, reboco e acabamento decorativo).

As características desse material são descritas na NBR 13281 (ABNT, 2005), identificando-o como uma 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). Entretanto, o processo de confecção e aplicação das argamassas de revestimento vem sofrendo algumas modificações no decorrer dos anos. Essas mudanças provêm das alterações dos materiais básicos, desenvolvimento de novos cimentos, agregados artificiais e aditivos modificadores de propriedades reológicas ou no estado endurecido, como também as novas argamassas industrializadas.

Outro fator que influencia na constituição final das argamassas é a escassez regional de aglomerantes. Um exemplo de material aglomerante, fortemente depende das reservas locais, que é recomendado por norma e geralmente utilizado como constituinte das argamassas, é a cal (RAGO; CINCOTTO, 1999). Contudo, nos Sertões de Crateús, reservas de calcário e mármore, matéria-prima da cal são praticamente inexistentes. A sua substituição na confecção de argamassas de revestimento é feita pela incorporação de arisco, que é um conjunto de areias com presença de argilas, material abundante na região.

De acordo com Thomaz (2001) e Carasek (2010), a eficiência de uma argamassa é resultado da função da dosagem entre seus componentes, aglomerantes e agregados, e da preparação correta dos traços para determinada utilização. Entretanto, na maioria das obras de construção civil, é observado a utilização de

traços diferentes para uma variedade de aplicações, adicionando apenas uma quantidade maior ou menor de cimento no traço.

Em relação às argamassas de revestimento que são preparadas com arisco, geralmente, suas propriedades não são avaliadas, principalmente, em cidades interioranas, como é o caso de Crateús. Desta maneira, não é possível afirmar se seu comportamento se adequa aos parâmetros mínimos que as normas exigem para uma argamassa de revestimento. Portanto, este trabalho tem como foco caracterizar as argamassas produzidas com arisco na cidade de Crateús, quanto ao estado fresco e ao estado endurecido.

Para isso, foram realizados ensaios laboratoriais nas argamassas produzidas com traços locais, assim como nos ariscos comercializados na cidade. Esse estudo apresenta grande relevância para o setor da construção civil local, visto que, essa matéria-prima não passa por nenhum beneficiamento antes da comercialização. Por esse motivo, busca-se conhecer os parâmetros físicos dos ariscos locais e as propriedades das argamassas produzidas com esse material, por fim, realiza-se um comparativo dos requisitos estabelecidos pelas normas da ABNT.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é caracterizar tecnologicamente argamassas de revestimento produzidas na cidade de Crateús-CE com a incorporação de ariscos locais

1.2.2 Objetivos específicos

O presente trabalho busca expor ainda os seguintes objetivos específicos, de maneira que o objetivo geral seja alcançado:

- a) Analisar a influência do tipo de arisco nas propriedades da argamassa de revestimento no estado fresco;
- b) Analisar a influência do tipo de arisco nas propriedades da argamassa de revestimento no estado endurecido;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura acerca das argamassas, contendo como foco principal a argamassa de revestimento e seus componentes, assim como as propriedades que são atribuídas em seus estados fresco e endurecido, a fim de ter uma melhor compreensão do trabalho e uma fundamentação teórica para realizar o que foi objetivado no capítulo anterior.

2.1 Argamassa de revestimento

O revestimento de argamassa além de ser integrante do sistema de vedação é também fundamental para o desempenho global de uma edificação. Ele é caracterizado como um conjunto de elementos, justapostos entre si, que proporcionam proteção imediata contra a ação de agentes nocivos, isolamento térmico, penetração de água e gases, como também, garante uma base apropriada a receber outros tipos de revestimentos decorativos (LOPES, 2013).

Diversos termos e critérios são aplicados pela NBR 13529 (ABNT, 2013) para classificar as argamassas de revestimento. O Quadro 1 apresenta a classificação das argamassas de acordo com a norma citada anteriormente.

Quadro 1 – Classificação das argamassas de revestimento, conforme NBR 13529 (ABNT, 2013)

Critério de classificação	Tipo	Descrição
Quanto à natureza	Argamassa aérea	Preparada com aglomerantes aéreos.
	Argamassa hidráulica	Preparada com aglomerantes hidráulicos.
Quanto ao tipo de aglomerante	Argamassa de cal	Preparada com cal como único aglomerante.
	Argamassa de cimento	Preparada com cimento como único aglomerante.

	Cimento e cal	Preparada com cimento e cal como aglomerantes.
	Argamassa de gesso	Preparada com gesso.
Quanto ao número de aglomerantes	Argamassa simples	Prepara com um único aglomerante.
	Argamassa mista	Prepara com mais de um aglomerante.
Quanto à propriedade da argamassa	Argamassa de revestimento	Mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.
	Argamassa colante	Argamassa com propriedade adesivas, empregadas no assentamento de peças para revestimento.
	Argamassa comum	Argamassa simples ou mista, cujas propriedades dependem, da proporção e do tipo do aglomerante e agregado empregado.
Quanto as condições de fornecimento ou preparo	Argamassa dosada em central	Materiais constituintes são medidos e misturados em central dosadora, fornecida no estado fresco, pronta para uso.
	Argamassa preparada em obra	Materiais constituintes são medidos e misturados na própria obra.
	Argamassa industrializada	Proveniente de processo controlado e dosagem precisa, em instalação industrial, fornecida embalada ou a granel.
	Mistura semipronta para argamassa	Mistura fornecida embalada ou a granel, cujo preparo é completado em obra, por adição de aglomerante(s) e, eventualmente, aditivo(s).

Fonte: Adaptado da NBR 13259 (ABNT, 2013)

Outra classificação que é dada para as argamassas de revestimento, conforme Carasek (2007), é em função das camadas que compõe o revestimento argamassado. No Quadro 2 encontra-se a definição destas camadas.

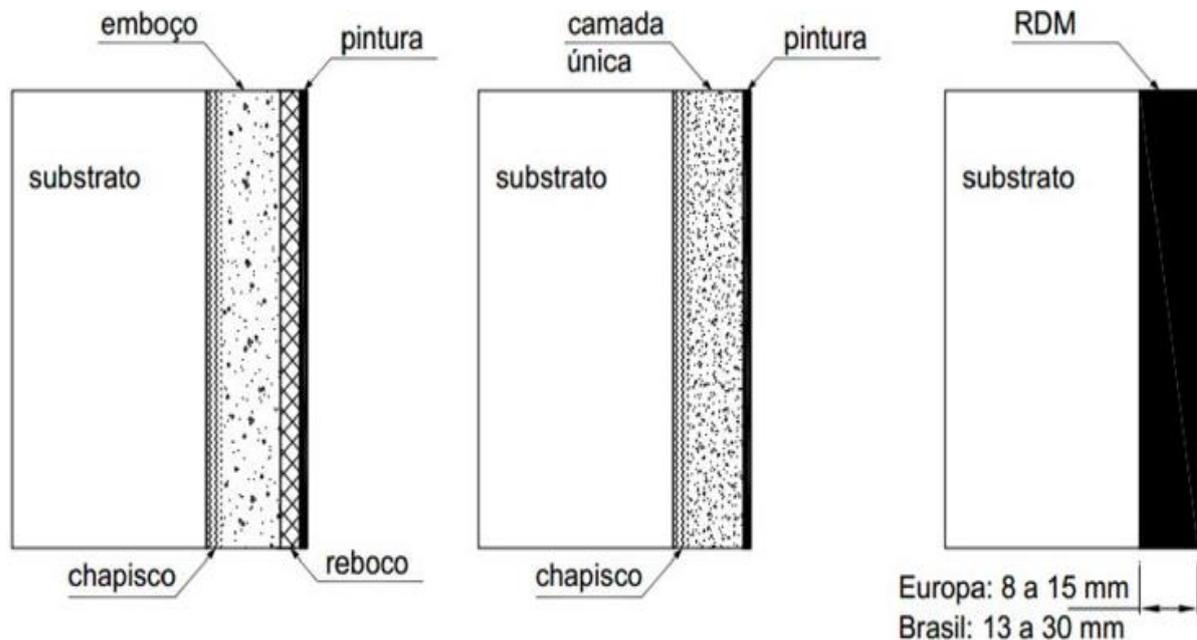
Quadro 2 – Classificação das argamassas de revestimento, quanto suas camadas

Nomenclatura	Definição
Chapisco	Camada que prepara o substrato, sendo aplicada de forma contínua ou descontínua, com o propósito de padronizar a superfície para melhorar absorção e aderência do revestimento. Possui espessura aproximada de 10 mm.
Emboço	Essa camada tem como função cobrir e regularizar a base, proporcionando uma superfície adequada a receber outra camada, sendo, reboco ou revestimento decorativo. Varia de 5 a 25 mm de espessura, dependendo do local.
Reboco	Camada de revestimento usada para cobrir o emboço, que tem a finalidade de propiciar uma superfície que permita receber o acabamento final ou um revestimento decorativo. Sua espessura ideal é de 10 a 30 mm.
Camada única	Revestimento de um único tipo de argamassa aplicado ao substrato, sobre o qual é aplicada uma camada decorativa, pintura, por exemplo. É chamado popularmente de “massa única” ou “reboco paulista”, podendo chegar até 30 mm.
Revestimento decorativo monocamada	Trata-se de um revestimento industrializado aplicado em uma única camada, que faz, simultaneamente, a função de regularização e decorativa, sendo muito utilizado na Europa. Em sua composição possui diversos agregados, pigmentos inorgânicos, fungicidas e diversos aditivos.

Fonte: Adaptado de Carasek (2007)

Já definido as argamassas de revestimento, conforme Carasek (2007), a Figura 1 apresenta as camadas de um revestimento argamassado e suas justaposição.

Figura 1 – Camadas de um revestimento argamassado



Fonte: Carasek (2007)

De acordo com Caporrino (2015), a dosagem e escolha dos materiais que compõe as argamassas interferem diretamente nas reações químicas das misturas e, conseqüentemente, em suas propriedades físicas e mecânicas.

Carneiro (1999) afirma que, usualmente a composição e dosagem das argamassas adotadas no Brasil são realizadas com base em traços (massa ou volume) descritos em normas internacionais ou nacionais, como a ABNT.

Os elementos de um revestimento argamassado só terão um bom desempenho de suas características em função dos cuidados do colaborador na obra, visto que, a execução da argamassa e preparo da superfície são de suma importância (FIORITO, 2009)

Entretanto, a forma de preparo e execução da argamassa pelo operador pode ocasionar mudanças em suas propriedades finais. Nos itens a seguir, deste capítulo, será retratado de maneira mais sucinta os componentes e as propriedades da argamassa de revestimento.

2.2 Componentes da argamassa

2.2.1 Aglomerantes

Aglomerantes são materiais com granulometria muito fina, sendo empregados por possuírem características que ligam e solidificam os agregados quando entram em contato com a água, sendo decisivos nas atribuições das propriedades no estado fresco e endurecido da argamassa. Os principais aglomerantes utilizados na argamassa de revestimento são o cimento Portland e a cal (DUBAJ, 2000; POLITO, 2008).

A NBR 16697 (ABNT,2018) define o cimento Portland, como “aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland, ao qual se adiciona, durante a fabricação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio e adições minerais por teores já pré-estabelecidos”.

Tristão (1995) afirma que o cimento Portland é o principal ocasionador por atribuir resistência mecânica às argamassas. Contudo, uma alta resistência mecânica não é necessária, podendo ocasionar limitação na capacidade de deformação da argamassa, resistência ao impacto e à aderência à tração no substrato, sendo assim, a quantidade tem que ser posta no traço de maneira correta. Ademais, Dubaj (2000) relata que o cimento ideal para argamassas de revestimento deve manifestar ganho de resistência e pega gradual, assim evitando o aparecimento de fissuras ocasionado pela secagem do material.

Conforme o Manual de Revestimentos de Argamassa da ABCP (2002), o cimento Portland é o material o mais ativo, do ponto de vista químico, de todos os componentes das argamassas. Por apresentar propriedades aglomerantes produzidas pelo comportamento das suas partículas com a água, que endurece quando se entram em contato, contudo, mesmo que seja submetido a água novamente, não retornará a forma fresca.

Diferentes tipos de cimentos Portland foram desenvolvidos para atender a diversas finalidades. A classificação é realizada conforme as adições incorporadas no aglomerante e suas propriedades especiais, assim como aos seus limites de resistência à compressão (ABNT NBR 16697, 2018).

O Quadro 3 apresenta a classificação do cimento Portland de acordo com as suas características e resistência à compressão.

Quadro 3 – Classificação dos cimentos Portland

DESIGNAÇÃO	SIGLA	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO
Portland comum	CP I	25, 32 ou 40 MPa
Portland comum com adição	CP I – S	25, 32 ou 40 MPa
Portland composto com escória	CP II – E	25, 32 ou 40 MPa
Portland composto com pozolana	CP II – Z	25, 32 ou 40 MPa
Portland composto com filler	CP II – F	25, 32 ou 40 MPa
Portland de alto forno	CP III	25, 32 ou 40 MPa
Portland pozolânico	CP IV	25, 32 ou 40 MPa
Portland de alta resistência inicial	CP V	ARI
Portland branco estrutural	CPB	25, 32 ou 40 Mpa
Portland branco não estrutural	CPB	-

Fonte: Adaptado da NBR 16697 (ABNT, 2018)

Ainda de acordo com o Manual de Revestimentos de Argamassa da ABCP (2002), a cal se destaca devido as suas propriedades, principalmente, a capacidade de absorver deformações e boa trabalhabilidade. Contudo, as propriedades de aderência e resistência mecânica são reduzidas.

A utilização de cimento e cal em uma mesma mistura é definida como argamassa mista, por isso, se faz necessário informar que devido a cal apresentar partículas finas faz com que a argamassa retenha maior quantidade de água. Desse modo, a cal contribui positivamente para uma melhor hidratação do cimento, fazendo com que também aumente a trabalhabilidade e capacidade de absorver deformação na argamassa.

O Quadro 4 apresenta a variação das propriedades das argamassas em função da quantidade de cal utilizado nas argamassas de revestimento (BAIA; SABBATINI, 2008).

Quadro 4 – Propriedades das argamassas em função da quantidade de cal.

PROPRIEDADES	AUMENTO DE CAL
Resistência à Compressão	DECRESCE
Resistência à Tração	DECRESCE
Capacidade de Aderência	DECRESCE
Durabilidade	DECRESCE
Impermeabilidade	DECRESCE
Resistência altas temperaturas	DECRESCE
Resistências iniciais	DECRESCE
Retração na secagem final	CRESCE
Retenção de água	CRESCE
Plasticidade	CRESCE
Trabalhabilidade	CRESCE
Resiliência	CRESCE
Módulo de elasticidade	DECRESCE
Retração na secagem reversível	DECRESCE

Fonte: Adaptado de Sabbatini (2008).

A pouca oferta ou ausência de cal em algumas regiões do país gera uma necessidade de encontrar alternativas de materiais que possam substituir a cal como aglomerante, sem alterar suas características, como no caso de ariscos, saibros e outros argilominerais (SILVA, 2016).

2.2.2 Agregados

Petrucci (2005) define agregado como sendo um material de formato particulado, dimensão variável e apresenta atividade química praticamente nula, tendo influência direta nas propriedades físicas da argamassa como a retração, módulo de deformação e resistência mecânica.

Para a NBR 9935 (ABNT, 2011), os agregados utilizados na produção de argamassas podem ser obtidos de forma natural (originadas em leitos de cava e de rios), forma artificial (originadas da britagem de rochas e processos industriais) e de

maneira reciclada (obtido da reciclagem de rejeito ou sub produtos industriais e beneficiamento dos resíduos da construção civil)

A NBR 7211 (ABNT, 2005) classifica os agregados em miúdos e graúdos, o primeiro apresenta grãos na qual atravessam nas aberturas da malha de 4,75 mm, já o segundo apresenta grãos que passam pela peneira de malha de 75 mm e ficam retidos na malha de 4,75 mm, em ensaio realizado conforme a NBR NM 248 (ABNT,2003).

Segundo Haddad *et. al.* (2016) e Bauer (2005), a granulometria dos agregados têm influência direta no desempenho das argamassas, além disso, também influencia na trabalhabilidade, na resistência dos esforços mecânicos e no consumo de água e aglomerantes. O Quadro 5 caracteriza e define as propriedades do agregado de acordo com a sua granulometria.

Quadro 5 – Propriedades x Granulometria dos agregados

Propriedades	Quanto mais fino	Quanto mais descontínua for a granulometria	Quanto maior o teor de grãos angulosos
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	Variável	Melhor
Retração por secagem	Aumenta	Aumenta	Variável
Porosidade	Variável	Aumenta	Variável
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistência mecânica	Variável	Pior	Variável
Impermeabilidade	Pior	Pior	Variável

Fonte: Adaptado Manual de Revestimentos de Argamassa (2002) e Sabbatini (1986)

O principal agregado utilizado para fabricar a argamassa é a areia natural (Figura 2), que é retirada do leito de rios, constituído essencialmente por quartzo e resultante de erosão de rochas quartzosas e de posterior sedimentação de material silicioso (CARVALHO JR, 2005).

Antes de ser empregada, é necessário que a areia seja verificada para que não tenha elementos nocivos que venham prejudicar o preparo da argamassa, como a presença de impurezas ou argilominerais (MACCARI, 2010; CARASEK, 2010).

Figura 2 – Areia, exemplo de agregado miúdo



Fonte: Autor (2022)

Ainda de acordo com Carasek (2010) e Silva Junior (2014), o uso dos agregados nas argamassas de revestimento devem ter uma maior atenção, visto que eles representam de 60% a 80% do volume total da argamassa.

Em argamassas, especificamente, usa-se areia comum, de grãos finos até grossos, que variam dependendo da utilização, sendo que para o chapisco, usa-se areia grossa. No procedimento de emboço, é utilizado areia limpa de grãos médios. Já para reboco, é recomendado usar areia fina, lavada (limpa e pura). Isso é importante para evitar “estouros” ou desagregação quando a argamassa, no estado endurecido, entrar em contato com a água de chuva ou umidade interna (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2002).

2.2.3 Água

Gomes (2000) afirma que a água ideal para a preparação da argamassa é aquela que adequada para o consumo humano, ou seja, potável. Entretanto, quando isso não é possível, é importante que a mesma não demonstre turbidez, cheiros ou

excessos de sais solúveis, além disso, o armazenamento deve ser feito em reservatórios estanques para que não haja contaminação.

O Manual de Revestimento de Argamassa da ABCP (2002) reitera que a água utilizada na preparação da argamassa deve seguir a NBR NM 137 (ABNT, 1997), tendo como finalidade regular a consistência da mistura até garantir a trabalhabilidade desejada, facilitando as etapas de transporte, lançamento e adensamento, contudo, a dosagem da água deve atender ao traço pré-estabelecido.

Apesar da água ser tratada em segundo plano na preparação do traço, ela tem grande importância na qualidade e durabilidade do revestimento argamassado, pois a quantidade de água inserida no traço decorrerá em reações de evaporação e logo em seguida endurecimento, sendo responsável direta pela capilaridade e permeabilidade do revestimento argamassado (FRANÇA, 2004; GOMES, 2000).

2.2.4 Aditivos

Os aditivos são definidos pela NBR 13529 (ABNT, 2013) como um produto adicionado à argamassa em quantidades pequenas, de maneira a fim de melhorar suas propriedades físicas e seu desempenho no estado fresco ou endurecido.

De acordo com o Manual de Revestimento de Argamassa da ABCP (2002), os aditivos comumente são usados para manter a plasticidade e aumentar o tempo de pega, com o objetivo de facilitar a trabalhabilidade, diminuir a retração na secagem, diminuindo a fissuração, aumentar a aderência da argamassa ao substrato e aumentar a retenção de água. O Quadro 6 destaca os tipos de aditivos e suas características.

Quadro 6 – Tipos de aditivos utilizados nas argamassas

Tipos de aditivos	
Plastificantes	São utilizados para melhorar a trabalhabilidade da argamassa sem alterar a quantidade de água.
Retentores de água	Reduzem a evaporação e a exsudação de água da argamassa fresca e conferem capacidade de retenção de água frente à sucção por bases absorventes.
Incorporadores de ar	Formam microbolhas de ar, estáveis, homoganeamente distribuídas na argamassa, aumentando a trabalhabilidade e atuando a favor da permeabilidade.

Retardadores de pega	Retardam a hidratação do cimento, proporcionando um tempo maior de utilização.
Aumentadores da aderência	Proporcionam a aderência química ao substrato.
Hidrofugantes	Reduzem a absorção de água da argamassa, mas não a tornam impermeável, permitindo a passagem de vapores

Fonte: Manual de Revestimentos de Argamassa da ABCP (2002).

Santos (2008) e Dubaj (2000) relatam em seus estudos que os aditivos quando utilizados de maneira incorreta ou dosagem inapropriada, podem causar a perda da trabalhabilidade no estado plástico, bem como a aderência no estado endurecido. Portanto, é necessário que haja conhecimento da necessidade que a argamassa tenha, para determinar o aditivo e sua melhor aplicação, sendo este definido por um profissional capacitado.

2.2.5 Arisco

Segundo Silva (2021), embora poucas pesquisas tenham sido realizadas para determinar as propriedades do arisco, o mesmo está presente nas obras como um material que garante maior trabalhabilidade às argamassas. Isso é consenso entre colaboradores da construção civil. A melhoria na trabalhabilidade é devido a presença de uma alta porcentagem de grãos finos no material, que ajuda a preencher melhor os vazios existentes no agregado.

O arisco, Figura 3, pode ser entendido como um conjunto de areias mal selecionadas com presença de argilas, com tonalidade que varia de esbranquiçada a creme, e se encontram em regiões longe da costa marítima (CAVALCANTI; PARAYBA, 2011).

Carasek (2010) afirma que mesmo apresentando diversas vantagens, este tipo de material pode ocasionar problemas futuros, devido a sua aplicação indefinida; variedade de traços locais utilizados na preparação, em virtude das oscilações nas características do material; heterogeneidade do arisco e presença constante de matéria orgânica.

Figura 3 – Arisco utilizado em obra na cidade de Crateús-CE



Fonte: Autor (2022)

Em seu trabalho, Santos Júnior (2009) relata que um teor maior de arisco na combinação dos agregados pode provocar a redução da resistência da argamassa, contudo, não impossibilita a utilização, visto que há aplicações em que a resistência não é um aspecto determinante, entretanto, caso haja a precisão desta funcionalidade o uso de aditivos químicos faz-se necessário.

No Ceará, especificamente, o arisco tem sido utilizado como substituto da cal e da tradicional areia vermelha na preparação das argamassas de revestimento e assentamento de blocos cerâmicos. Contudo, são necessários mais estudos que comprovem a eficácia deste material que já se encontra em plena aplicação (SOUSA,

2.3 Propriedades das argamassas de revestimento

Segundo a ABCP (2002), a argamassa de revestimento só poderá cumprir de forma adequada todas suas funções se apresentar um conjunto de propriedades específicas, no seu estado fresco e endurecido. O estado fresco da argamassa é determinado no tempo decorrido entre a mistura de aglomerantes e agregado miúdo

com a água e o início das reações de pega. Enquanto, o estado endurecido da argamassa dá-se quando já ultrapassou a idade necessária para lhe conferir resistência mecânica suficiente para resistir a esforços.

2.3.1 Propriedades no estado fresco

De acordo com Carasek (2010), a principal propriedade da argamassa em seu estado fresco é a trabalhabilidade, que determina a facilidade com a qual as argamassas podem ser misturadas, transportadas, executadas e cumpridas com uma condição homogênea, permanecendo plástica por tempo necessário a realizar aplicação na superfície destinada.

A mesma autora ainda afirma que é dito como argamassa trabalhável aquela que possibilita o trabalhador exercer um serviço com boa produtividade, assegurando que o revestimento desfrute de boa aderência e apresente um bom acabamento final.

Segundo Bauer (2005), a trabalhabilidade é uma propriedade complexa, resultante da combinação de outras propriedades e que estão relacionadas diretamente a esta característica, como, consistência e plasticidade, retenção de água, parâmetros reológicos, densidade de massa e teor de ar incorporado.

Entretanto, Silva (2015) afirma que, a trabalhabilidade da argamassa em sua maioria origina-se de uma análise essencialmente intuitiva e visual do colaborador e, sua alteração está relacionada à quantidade de água que é utilizada durante o preparo, sendo, assim, uma propriedade bastante variável.

Carasek (2010) relata que a consistência da argamassa está relacionada com a capacidade de ela deformar-se quando é aplicado alguma carga sobre ela, diferente da plasticidade, que está relacionada com a capacidade da argamassa em se manter deformada, após a redução das tensões. Em ambas propriedades, são resultante da quantidade de água empregada, forma e textura dos agregados, processo de mistura dos materiais e o teor de ar. A NBR 13276 (ABNT, 2005), determina o índice de consistência a partir do método *flow table*, quanto menor for o diâmetro de espalhamento da argamassa, mais difícil será dela deformar-se.

A retenção de água apresenta a capacidade em reter a água de amassamento contra a evaporação e a sucção da base. Portanto, esta propriedade, está ligada diretamente ao ganho de resistência e estanqueidade da argamassa, sendo

responsável por permitir que as reações de endurecimento ocorram de maneira mais gradativa e promovendo uma adequada hidratação do cimento (DO Ó, 2004; MACIEL et. al., 1998).

A densidade de massa é determinada pela relação entre a massa da argamassa no estado fresco e o seu volume, essa relação pode ser relativa ou absoluta. Na relativa, considera-se os vazios presentes no volume da argamassa, enquanto na absoluta, os vazios não são considerados. Esta propriedade é de suma importância para a dosagem das argamassas, visto que, muito se usa a conversão dos traços de massa para volume. (CINTRA; PAIVA; BALDO, 2014)

Baia e Sabbatini (2008) definem o teor de ar como a quantidade de ar presente em um determinado volume da argamassa, onde a incorporação de ar ocorre principalmente no processo de mistura e adensamento da argamassa. O ar contido na argamassa influencia diretamente na propriedade da densidade, visto que, o ar apresenta menor densidade que a argamassa e preenche uma parte de sua massa, logo esta característica, é inversamente proporcional à densidade de maneira qualitativa.

O teor de ar pode ser aumentado com a utilização de aditivos incorporadores de ar durante o preparo, contudo, é necessário que tenha um controle tecnológico para que não ocasione interferência em outras propriedades. Os ensaios que avaliam estas propriedades estão descritos na NBR 13278 (ABNT, 2005).

2.3.2 Propriedades no estado endurecido

Segundo Gomes (2008), após a fixação e a perda de água superficial na pasta (fase de pega), a argamassa sai do estado fresco e passa a estar no estado endurecido, no qual é caracterizado pelo crescimento das resistências em suas propriedades. Nesse estado, a argamassa possui propriedades inerentes, que só podem ser mensuradas em corpos de prova ou da aplicação em substratos, formando um revestimento argamassado.

As argamassas devem apresentar boas propriedades para que possam desempenhar de maneira satisfatória seus propósitos no estado endurecido. Dentre essas propriedades, as que devem ser conhecidas são: resistência mecânica, aderência, permeabilidade e durabilidade (ABCP, 2002).

De acordo com Nakakura e Cincotto (2004), a resistência mecânica é definida como a capacidade da argamassa em resistir a esforços de tração, compressão ou cisalhamento, provenientes de condições ambientais ou das cargas aplicadas no revestimento argamassado. Bauer (2005) enfatiza no seu estudo, que algumas causas podem ocasionar variação de resistência da argamassa, como: quantidade de água, tipo de cimento, as características físicas dos agregados e a sua forma de preparação. A NBR 13279 (ABNT, 2005) regulamenta esta propriedade e descreve o processo de ensaios para análise.

Carasek (2010) define aderência como a capacidade do revestimento em manter-se fixo ao substrato, através das tensões que nele são aplicadas. A resistência de aderência (*Ra*) depende das propriedades da argamassa no estado fresco, e pode ocorrer alteração pela forma como é executada, as características do substrato e o ambiente que o revestimento argamassado encontra-se.

A *Ra* é medida pelo processo de arrancamento por tração, estipulado pela NBR 13528 (ABNT, 2010), onde nela determina os limites de resistência de acordo com o local de aplicação, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Limites de resistência de aderência à tração

Local		Acabamento	Ra (Mpa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	≥ 0,20
		Cerâmica ou laminado	≥ 0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	≥ 0,30
		Cerâmica	≥ 0,30
Teto		*****	≥ 0,20

Fonte: Adaptado da NBR 13528 (ABNT, 2010).

A propriedade de permeabilidade está relacionada com a estanqueidade do revestimento, isto é, com a capacidade de passagem da água pelas camadas e, depende diretamente da composição e dosagem da argamassa, processo de execução, espessura das camadas de revestimento e do acabamento final (MACIEL et. al., 1998).

Segundo Sentone (2011), a principal característica do fenômeno da capilaridade é “a existência de um gradiente de pressão entre dois meios, gerando, por diferença de pressão, a movimentação do fluido da região com pressão mais elevada para a de menor pressão”. A NBR 15259 (ABNT, 2005) determina o procedimento de ensaio e classifica o coeficiente de capilaridade das argamassas.

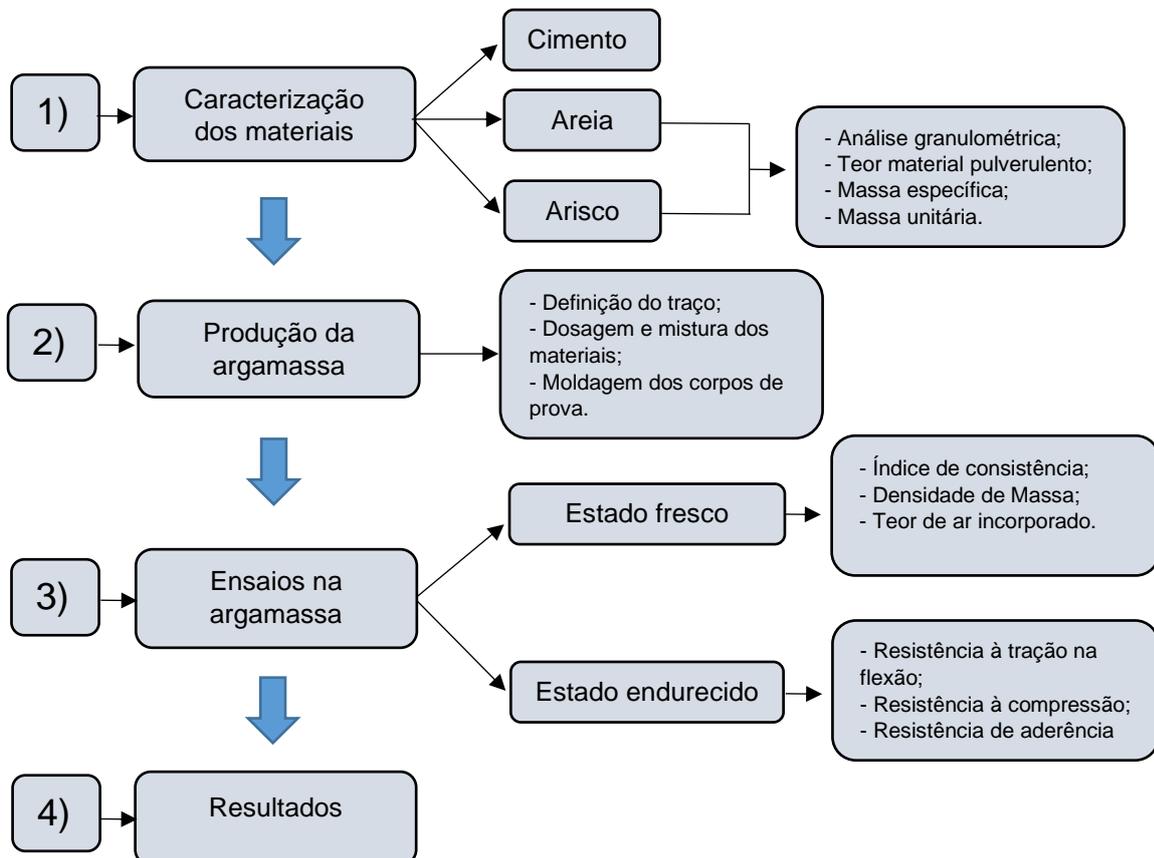
A durabilidade é definida por Baia e Sabbatini (2008) como o desempenho do revestimento argamassado no decorrer do seu uso no estado endurecido. Durante a vida útil da argamassa de revestimento, a sua integridade pode ser afetada pela presença de fissuras, manifestação de microrganismos, reações químicas, percolação de água, eflorescências, choque térmico e excesso de tensões aplicadas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo estão descritos os materiais utilizados e a metodologia empregada, com o intuito de estabelecer os ensaios laboratoriais que determinaram as características dos agregados e as propriedades das argamassas de revestimento produzidas com os ariscos locais.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais da Universidade Federal do Ceará – Campus Crateús e no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) – Campus do Pici. Toda ordem experimental que respaldará as conclusões do presente trabalho é exibida no fluxograma da Figura 4.

Figura 4 – Procedimento metodológico



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

3.1 Materiais

Para realizar a fabricação das argamassas de revestimento foi utilizado cimento

Portland, água, areia e ariscos. Esses são os materiais tipicamente utilizados pelos empreiteiros, mestres de obras e pedreiros da região.

3.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland é o principal aglomerante empregado na produção das argamassas, sendo o CP II E-32 o mais utilizado na cidade de Crateús para a elaboração das argamassas de revestimento. No trabalho, foi empregado o Cimento Poty da linha Todas as Obras, do Grupo Votorantim.

As propriedades químicas e físicas foram solicitadas ao fabricante, conforme apresentado na Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 2 – Propriedades químicas do cimento

Caracterização Química	Limites Máximo	Resultados
Perda ao fogo – PF (%)	≤ 8,5	6,51
Óxido de Sódio - Na ₂ O (%)	NE	0,20
Óxido de Potássio - K ₂ O (%)	NE	0,97
Óxido de Magnésio - MgO (%)	NE	2,88
Trióxido de Enxofre - SO ₃ (%)	≤ 4,5	3,62
Resíduo Insolúvel - RI (%)	≤ 5,0	2,90

Fonte: Boletim de Ensaios de Cimento, requerido e disponibilizado pela Votorantim (2022).

Tabela 3 – Propriedades físicas do cimento

Caracterização Físicas	Limites Máximo	Resultados
Finura – Resíduo peneira #200 (%)	≤ 12,0	6,6
Finura – Resíduo peneira #325 (%)	NE	18,8
Área específica - Blaine (cm ² /g)	≥ 2600	3604,0
Consistência normal (%)	NE	24,6
Início de pega (min)	≥ 60,0	179,0
Término de pega (min)	≤ 600,0	226,0
Massa específica (g/cm ³)	NE	2,96
Expansibilidade a quente (mm)	≤ 5,0	0,5
Resistência a compressão 1D (MPa)	NE	-

Resistência a compressão 3D (MPa)	$\geq 10,0$	23,0
Resistência a compressão 7D (MPa)	$\geq 20,0$	28,1
Resistência a compressão 28D (MPa)	$\geq 32,0$	35,5

Fonte: Boletim de Ensaio de Cimento, requerido e disponibilizado pela Votorantim (2022).

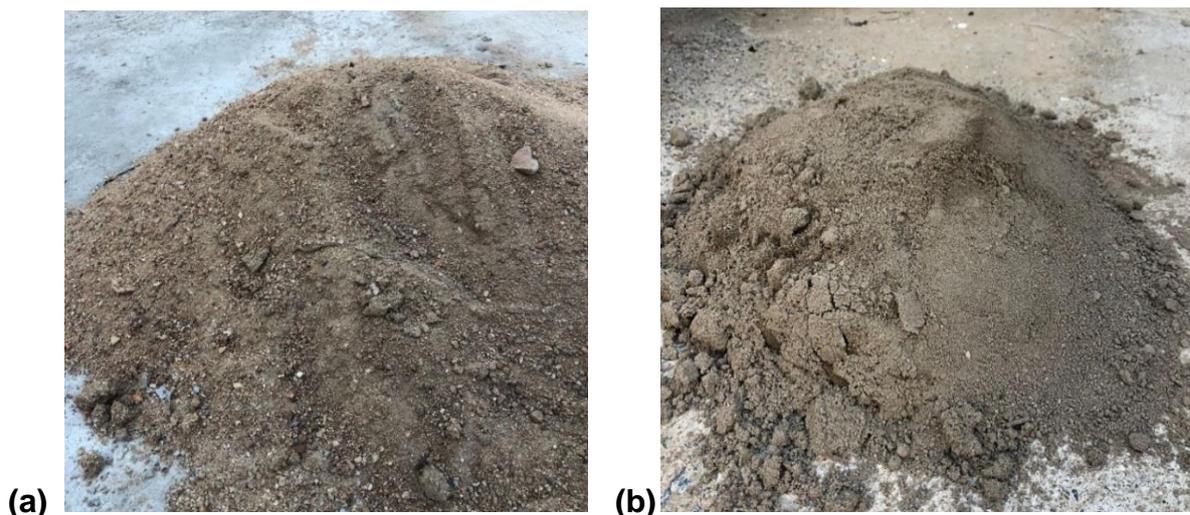
3.1.2 Água

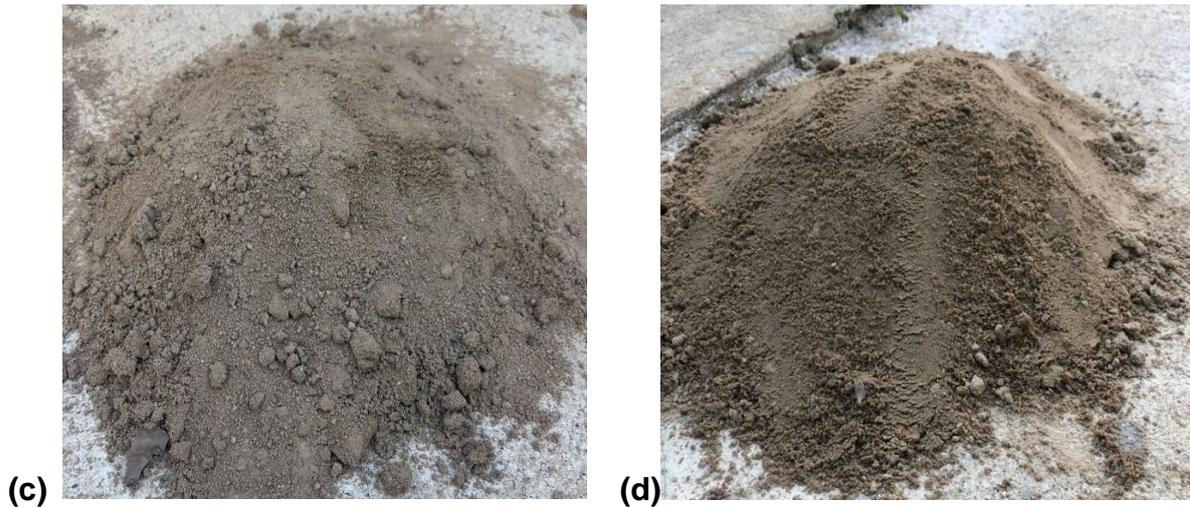
A água utilizada na fabricação das argamassas foi proveniente da rede pública de abastecimento, CAGECE, que implica ser livre de impurezas, tornando-a adequada na produção dos materiais.

3.1.3 Agregados: areia e arisco

Os agregados utilizados na fabricação foram obtidos em lojas de material de construção em Crateús, estocados em sacos novos e limpos, evitando que entrem em contato com outros materiais durante as análises. Foi utilizado uma amostra de areia e três diferentes tipos de arisco, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Agregados utilizados. a) Areia; b) Arisco 1; c) Arisco 2; d) Arisco 3





Fonte: Autor (2022).

Antes de ser realizado a caracterização dos agregados, estes materiais passaram pelos processos de peneiramento, a fim de uniformizar em uma granulometria predominante, utilizando uma peneira comercial com abertura de malha entre 4,75 mm e 2,36 mm, como também, foi feito a redução de amostras conforme a NBR NM 27 (ABNT, 2001).

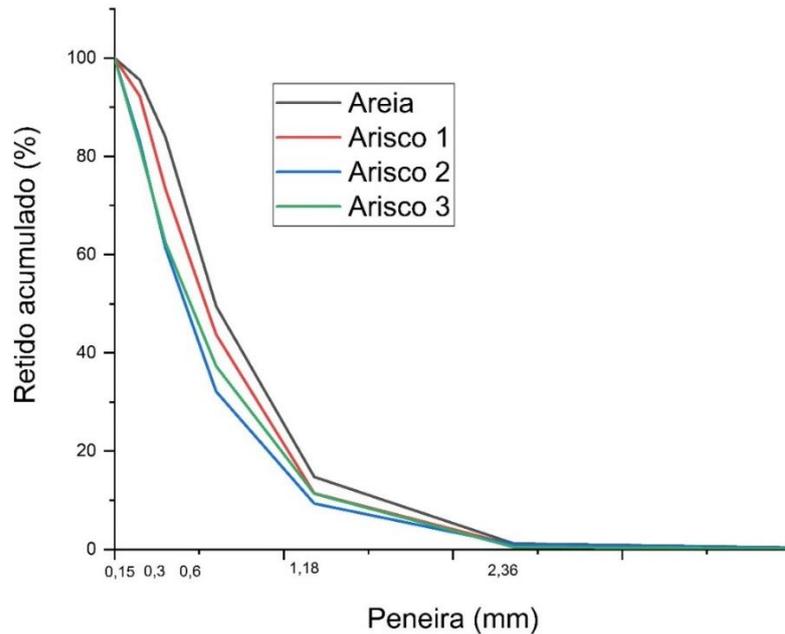
Para determinar as características físicas e mecânicas destes agregados, os materiais foram submetidos a ensaios no Laboratório de Materiais da UFC – Campus Crateús, conforme o Quadro 7.

Quadro 7 – Ensaios para caracterização física dos agregados

Ensaio	Norma
Análise granulométrica	ABNT NBR NM 248 (2003)
Teor de material pulverulento	ABNT NBR NM 46 (2003)
Massa específica	DNER–ME 194/1998
Massa unitária	ABNT NBR NM 45 (2006)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O Gráfico 1 apresenta a curva granulométrica dos agregados miúdos utilizados nas argamassas de revestimento.

Gráfico 1 – Análise granulométrica dos agregados miúdos

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os resultados dos ensaios que determinaram o módulo de finura, dimensão máxima característica, teor de material pulverulento, massa específica e massa unitária, estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 – Propriedades física dos agregados

ENSAIOS REALIZADOS	AGREGADOS			
	AREIA	ARISCO 1	ARISCO 2	ARISCO 3
Módulo de finura (MF)	2,45	2,22	1,87	1,94
Dimensão máxima característica (mm)	2,36	2,36	2,36	2,36
Teor material pulverulento (%)	2,94	10,66	13,41	11,24
Massa específica (kg/dm³)	2,631	2,638	2,652	2,652
Massa unitária (kg/dm³)	1,56	1,50	1,58	1,69

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), os agregados miúdos são classificados a partir do seu módulo de finura (MF), sendo a areia um agregado médio, e os três ariscos são determinados como finos.

3.2 Procedimento metodológico

3.2.1 Dosagem dos materiais e produção da argamassa

Para definição do traço, uma consulta foi realizada com dez profissionais da construção civil em Crateús, a fim de identificar quais as proporções dos materiais são comumente utilizadas na produção da argamassa de revestimento. Com isso, identificou-se 04 traços padrão na região, considerando a relação cimento: areia: arisco, sendo o mais utilizado o traço 1:2:1 (60% do total de respostas), seguido pelo traço 1:3:1 (20% do total), e os traços 1:3 e 1:2,5:1, cada um correspondendo a 10% do total.

Portanto, com o propósito de tornar o trabalho mais regional possível, o traço utilizado na preparação das argamassas foi o de 1:2:1. No qual, é dosado nas obras em massa e volume, sendo 1 saco de cimento com 50 kg, 2 carrinhos de mão contendo areia, que representam 6 latas (18 L) e 1 carrinho de mão com arisco, correspondendo a 3 latas (18 L).

Para determinar a quantidade de água utilizada nos traços em laboratório, foi estabelecido um índice de consistência padrão de 260 ± 5 mm, conforme a NBR 13276 (ABNT, 2016), na preparação da argamassa AA1. Após alguns testes realizados, encontrou-se o diâmetro de espalhamento de 264 mm, dessa forma, foi definida uma relação água/cimento de 0,98 para todos os traços produzidos.

A partir das massas unitárias encontradas na caracterização dos agregados, realizou-se a padronização dos materiais que estavam em volume (L) para massa (Kg), conforme a Equação 1.

$$\gamma = \frac{m}{V} \quad [1]$$

Onde:

γ = massa unitária (kg/L)

m = massa do material (kg)

V = volume (L)

A Tabela 5 apresenta as argamassas de revestimento produzidas, e como serão identificadas de acordo com os traços, representando a utilização do arisco 1, arisco 2 e arisco 3, sequencialmente.

Tabela 5 – Traços utilizados na preparação das argamassas

TRAÇO (1:2:1) (cimento: areia: arisco)	AA1	AA2	AA3
Traço massa (kg)	50: 168,48: 81	50: 168,48: 85,32	50: 168,48: 91,26
Traço unitário (kg)	1: 3,37: 1,62	1: 3,37: 1,71	1: 3,37: 1,82

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O preparo dos traços das argamassas AA1, AA2 e AA3 foi realizado de acordo com a NBR 16541 (ABNT, 2016) no Laboratório de Construção Civil (LMCC) – Campus do Pici. A sequência e o tempo de mistura dos materiais foram preservados para todas as dosagens, no qual foi utilizado uma argamassadeira de bancada com velocidade regulável, conforme a Figura 6.

Figura 6 – Preparo da argamassa em laboratório

Fonte: Autor (2022).

Em cada argamassa recém preparada, foi retirada uma fração para realizar os ensaios no estado fresco. Com o restante da argamassa foi realizado a moldagem dos corpos de prova (Figura 7), conforme a NBR 7215 (ABNT, 2005), para a análise no estado endurecido.

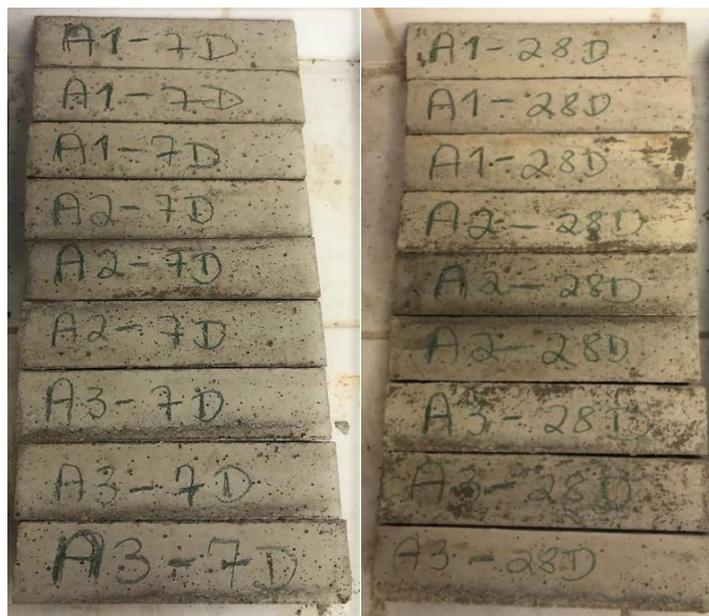
Figura 7 – Corpos de prova preparados em laboratório



Fonte: Autor (2022).

Para cada argamassa foram moldados 6 (seis) corpos de prova prismáticos com dimensões 40 x 40 x 160 mm. O desmolde foi feito após 24 horas e identificados pelo tipo de arisco que foram produzidos e a idade de rompimento, de acordo com a Figura 8.

Figura 8 – Corpos de prova retangulares em cura



Fonte: Autor (2022).

3.2.2 Ensaios

Os ensaios que determinaram as propriedades das argamassas foram definidos a partir de pesquisas bibliográficas e disponibilidade técnica do Laboratório de Materiais de Construção Civil – Campus do Pici.

No Quadro 8, estão elencados os ensaios realizados nas argamassas de revestimento AA1, AA2 e AA3, em seus estados fresco e endurecido.

Quadro 8 – Ensaios realizados nas argamassas de revestimento

Aplicação	Ensaios	Norma
Argamassa no estado fresco	Índice de consistência	ABNT NBR 13276 (2016)
	Densidade de massa	ABNT NBR 13278 (2005)
	Teor de ar incorporado	ABNT NBR 13278 (2005)
Argamassa no estado endurecido	Resistência à tração na flexão	ABNT NBR 13279 (2005)
	Resistência a compressão	ABNT NBR 13279 (2005)
	Resistência de aderência à tração	ADAPTADO da ABNT NBR 13528 (2010)

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O ensaio que mede a resistência de aderência à tração foi executado de maneira adaptada a NBR 13528 (ABNT, 2010), entretanto, os resultados obtidos neste ensaio segue as mesmas premissas de resultados da norma. Por motivos de disponibilidade de equipamento e local para o preparo de uma alvenaria no Campus do Pici, foram produzidos blocos cerâmicos argamassados em Crateús e levados à Fortaleza, onde simularam uma parede de alvenaria vertical, afim de realizar o teste de rompimento no LMCC. O procedimento está descrito no item a seguir.

3.2.2.1 Resistência de aderência à tração

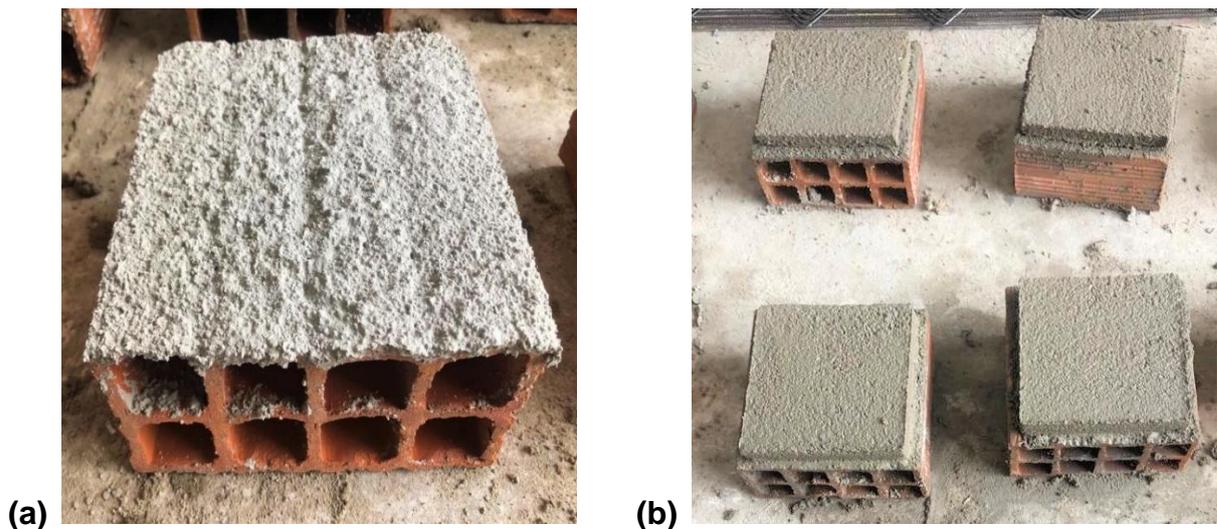
Para a execução deste ensaio foi necessário um método adaptado da NBR 13528 (ABNT, 2010). Foram utilizados 36 blocos cerâmicos, com medidas 19x19x9 cm, onde para cada argamassa (AA1, AA2 e AA3) foram rebocados 12 blocos.

O processo de preparação e aplicação das argamassas foi realizado por apenas um profissional da construção civil, a fim de minimizar os efeitos das variáveis da mão de obra no estudo, além de tornar o experimento mais próximo com o que é realizado nas obras locais.

Inicialmente, os blocos cerâmicos foram chapiscados de forma manual, até atingir uma espessura próxima a 5mm, Figura 9a, usando um traço tipo 1:3 (cimento: areia), em volume, a fim de facilitar a aderência da argamassa de revestimento com o bloco, passando por um período de descanso de 7 dias.

Com ajuda de um molde galvanizado, servindo de gabarito, foi possível padronizar o reboco em 2 cm de espessura em todos os blocos cerâmicos, e ao final do preenchimento da argamassa, realizou-se o arrasamento com uma régua de alumínio, conforme a Figura 9b.

Figura 9 – Blocos cerâmico. (a) Chapiscado e (b) Rebocado



Fonte: Autor (2022).

Ao longo do período de cura para realizar o ensaio, os blocos argamassados permaneceram em local coberto, com ventilação e temperatura ambiente, de acordo com a Figura 10, simulando uma alvenaria interna.

Figura 10 – Blocos cerâmicos argamassados



Fonte: Autor (2022).

Após 28 dias do reboco, os blocos foram levados ao LMCC para ser efetuado o teste de aderência. Na realização do ensaio, foi utilizado uma furadeira com serracoço, pastilhas metálicas e o equipamento de arrancamento à tração. Os processos de perfuração e arrancamento estão evidenciados nas Figuras 11a e 11b, respectivamente.

Figura 11 – Ensaio de aderência a tração. a) Perfuração; b) Arrancamento



Fonte: Autor (2022).

Em cada bloco cerâmico foi realizado um furo com serra copo e fixado a pastilha metálica na face da argamassa, para ser executado o ensaio de aderência. Após o rompimento, é realizado análise de ruptura, conforme a NBR 13528 (ABNT, 2010).

4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos nos ensaios das argamassas no estado fresco e no estado endurecido.

4.1 Propriedades no estado fresco

4.1.1 Índice de consistência

A Tabela 6 apresenta os resultados dos espalhamentos de cada argamassa e suas respectivas médias.

Tabela 6 – Índice de consistência das argamassas no estado fresco

Índice de consistência - Espalhamento				
Argamassas	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
AA1	266 mm	264 mm	263 mm	264 mm
AA2	269 mm	273 mm	272 mm	271 mm
AA3	286 mm	275 mm	275 mm	278 mm

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Conforme apresentado na Tabela 6, houve um espalhamento maior nas argamassas AA2 e AA3 comparado à argamassa AA1, ficando fora do estabelecido de 260 ± 5 mm.

Vale considerar que a escolha pela relação a/c foi baseada nos resultados da argamassa AA1, contudo, esperava-se que as argamassas AA2 e AA3 apresentassem espalhamentos iguais ou inferiores, visto que ambas apresentavam maiores quantidades de finos que AA1, e demandariam mais água devido a maior área de superfície específica. Isso foi relatado por Santos Júnior (2009), que realizou um estudo comparativo entre argamassas produzidas com areia vermelha e ariscos. As argamassas de arisco por apresentarem mais materiais finos que areia vermelha, necessitaram de uma quantidade maior de água para alcançar a consistência ideal. Desse modo, pode-se inferir que para essas argamassas seria necessário menor quantidade de água nas suas preparações.

Na argamassa AA2, nenhuma das suas três medidas esteve dentro dos parâmetros estabelecidos por norma, e sua média ultrapassou 2,2% o limite superior de espalhamento de 265 mm. O mesmo ocorreu com AA3, que dentre as três argamassas, apresentou o maior espalhamento individual, tal como a média, que excedeu 4,9% o limite determinado.

Por fim, destaca-se que embora o índice de consistência obtido para as argamassas AA2 e AA3 não atenda o pré-requisito normativo, a trabalhabilidade observada no manuseio e moldagem foi satisfatória. A manutenção da relação a/c fixa foi necessária para que fosse possível verificar a influência da alteração do tipo de arisco nas propriedades mecânicas.

4.1.2 Densidade de massa e teor de ar incorporado

A partir dos ensaios realizados de acordo com a NBR 13278 (ABNT, 2005), foram obtidos os resultados de densidade e teor de ar incorporado. Em nenhuma das três argamassas os valores da densidade de massa têm variação acima de 1%, assim como os percentuais do teor de ar incorporado, em que ocorreu apenas uma pequena variação nos resultados.

Os valores da densidade de massa e o teor de ar incorporado estão expressos na Tabela 7.

Tabela 7 – Densidade de massa e teor de ar incorporado das argamassas

Argamassa	Densidade	Teor de ar incorporado
AA1	2114 kg/m ³	2,4%
AA2	2096 kg/m ³	3,6%
AA3	2098 kg/m ³	3,8%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A argamassa AA1 apresentou a maior densidade de massa com 2114 kg/m³ e o menor teor de ar incorporado com 2,4%. Esse resultado está de acordo com BAÍA (2008), que exprime a relação entre a densidade no estado fresco e o teor de ar incorporado, onde um menor valor de ar incorporado na argamassa evidencia uma maior densidade de massa. Entretanto, as argamassas AA2 e AA3 apresentaram

resultados muito próximos, provavelmente influenciados pela massa específica dos ariscos, que apresentaram valores iguais, conforme a Tabela 4.

As argamassas produzidas, de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005), são classificadas como D6, quando a densidade de massa no estado fresco for superior a 2000 kg/m³.

Segundo os estudos de Carasek (2010), as argamassas analisadas são ditas como normais, visto que suas densidades de massa foram maiores que 1400 kg/m³ e menores que 2300 kg/m³ e, portanto, poderão ser utilizadas em argamassas de revestimento convencionais.

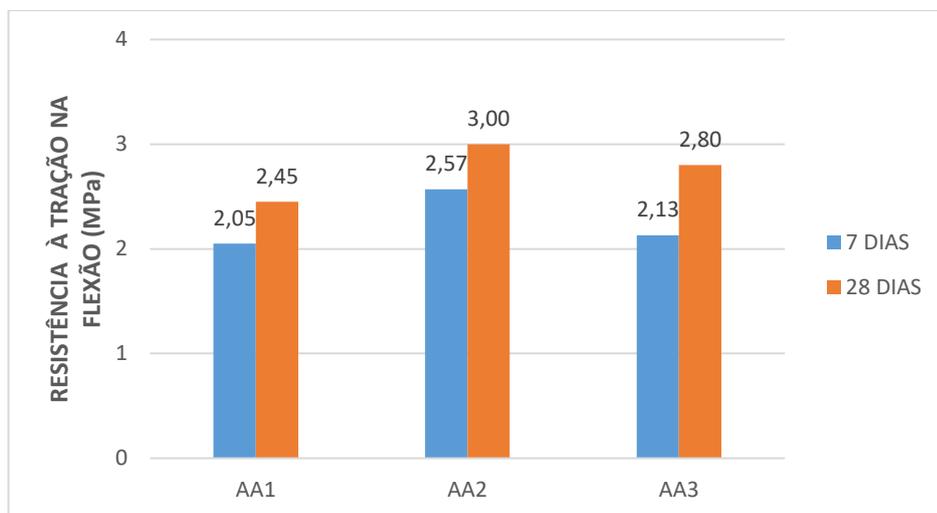
O teor de ar incorporado nas argamassas estão de acordo com limites determinados por Do Ó (2004) e Nakakura e Cincotto (2004), no qual afirmam que argamassas de revestimento produzidas sem utilização de aditivos, sejam argamassas mistas ou simples, o teor de ar incorporado representa de 2 a 5% do volume total.

4.2 Propriedades no estado endurecido

4.2.1 Resistência à tração na flexão

A seguir estão apresentados os resultados médios da resistência à tração na flexão nas argamassas AA1, AA2 e AA3, com o rompimento realizado aos 7 e 28 dias, conforme o Gráfico 2. Os resultados brutos estão expostos no Apêndice A.

Gráfico 2 – Resistência à tração na flexão das argamassas



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Observa-se que a argamassa AA2 apresentou a maior resistência média à tração na flexão entre as três analisadas nos dois períodos de rompimento com 2,57 MPa e 3,00 MPa, aos 7 e 28 dias, respectivamente. Contudo, apresentou o menor crescimento de resistência entre as idades ensaiadas, 16,7%. A argamassa AA3 evidenciou a maior evolução no intervalo de ruptura, com 31,5%.

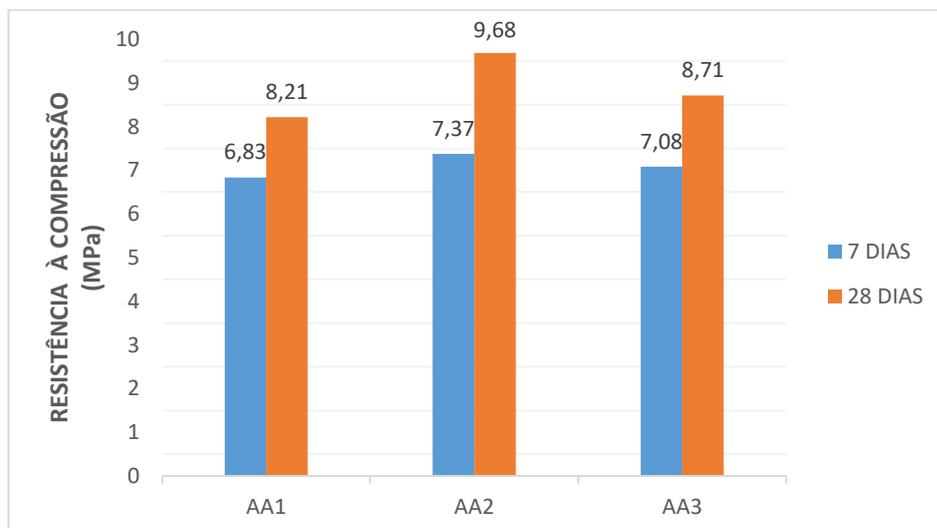
O resultado da argamassa AA2 pode estar relacionado com a maior quantidade de partículas finas, como evidenciado na distribuição granulométrica do Gráfico 1 e módulo de finura (MF) na Tabela 4. Isso corrobora com o estudo de Freitas (2010), que relata a relação do agregado miúdo com a resistência mecânica da argamassa.

Para classificar as argamassas conforme a NBR 13281 (ABNT,2005), foi considerado apenas os resultados de ruptura das argamassas aos 28 dias. As argamassas AA2 e AA3 ficaram compreendidas na faixa R5, já a argamassa AA1, por apresentar uma menor resistência média à tração na flexão adequa-se à faixa R4.

4.2.2 Resistência à compressão axial

Os resultados obtidos a partir dos ensaios de resistência à compressão aos 7 e aos 28 dias são apresentados no Gráfico 3. Além disso, estão disponíveis no Apêndice B, os resultados brutos desta análise.

Gráfico 3 – Resistência à compressão axial das argamassas



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Assim como no resultado da resistência média à tração na flexão, a argamassa AA2 obteve os maiores valores de resistência à compressão nas duas idades ensaiadas. O maior acréscimo percentual de resistência entre as idades das análises ocorreu na argamassa AA2, com 31,34%, seguida das argamassas AA3 e AA1, com 23,73% e 20,2%, respectivamente. A argamassa AA2 quando comparada com AA1 e AA3 aos 7 dias, apresentam um aumento de 7,9% e 4,1%, respectivamente. Já aos 28 dias, ocorreu um crescimento percentual para 17,9% e 10,5%, respectivamente

Os resultados obtidos são coerentes com a literatura, de acordo com Almeida e Silva (2005), Freitas (2010) e Arnold (2011), os materiais finos são capazes de preencher os vazios deixados entre as partículas grossas da areia, contribuindo para o aumento da resistência à compressão, portanto, conferindo com os resultados obtidos, já que o arisco da argamassa AA2 foi o que apresentou o maior teor de finos.

Contudo, o comportamento mecânico das argamassas depende das características do arisco ou dos outros tipos de agregados utilizados. Como exemplo, Maccari (2010) produziu argamassas de revestimento com a presença de saibro, argilomineral presente em sua região, que assimila com o arisco, onde os valores encontrados foram inferiores aos obtidos nesta análise.

As argamassas foram classificadas na idade de ruptura em 28 dias segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005). As três argamassas ficaram situadas na classe P6, sendo a classificação mais elevada para esse ensaio.

4.2.3 Resistência de aderência à tração

A Tabela 8 apresenta os resultados de resistência de aderência à tração para as três argamassas produzidas e ensaiadas aos 28 dias. No Apêndice C encontra-se os dados completos desta análise.

Tabela 8 – Resistência de aderência à tração das argamassas

Argamassa	Resistência de aderência à tração (Mpa)												Média (MPa)	Desvio Padrão
	0,14	0,15	0,06	0,13	0,18	0,28	0,18	0,06	0,09	0,08	0,21	0,16		
AA1	0,14	0,15	0,06	0,13	0,18	0,28	0,18	0,06	0,09	0,08	0,21	0,16	0,14	0,06
AA2	0,04	0,21	0,39	0,20	0,10	0,16	0,16	0,48	0,31	0,17	0,13	0,25	0,22	0,12
AA3	0,07	0,16	0,11	0,04	0,27	0,18	0,07	0,16	0,06	0,24	0,24	0,21	0,15	0,08

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Conforme a Tabela 8, pode-se verificar que a argamassa AA2 mostrou-se a mais eficiente dentre as três, com resistência de aderência média de 0,22 MPa, sendo superior a AA1 e AA3, 51% e 44%, respectivamente. Entretanto, foi em AA2 que ocorreu a maior variação de valores individuais, com 0,04 e 0,48 MPa, fatores como, o arremesso da argamassa no substrato, umidade do bloco cerâmico e a presença de matéria orgânica no agregado podem ter sido o motivo dessas variações.

Vale destacar que somente a argamassa AA2 atingiu o valor mínimo da resistência de aderência à tração (0,20 MPa), estabelecido pela NBR 13749 (ABNT, 2013), para paredes internas e teto. Entre as doze amostras desta argamassa, 50% dos resultados estão dentro dos parâmetros.

Na argamassa AA1, apenas dois dentre os doze pontos apresentou valores superiores ao mínimo, correspondendo a 17%. Na argamassa AA3, quatro amostras atingiram o valor mínimo, totalizando 33% de eficiência.

Caso o revestimento argamassado fosse em paredes externas, nenhuma das três argamassas estariam dentro do mínimo exigido pela NBR 13749 (ABNT, 2013), que seria 0,30 MPa.

A Tabela 9 apresenta as proporções de incidência relativas aos locais de ruptura dos corpos de prova, de acordo com a norma para argamassas de revestimento com a utilização de chapisco.

Tabela 9 – Incidência de ruptura no teste de aderência à tração

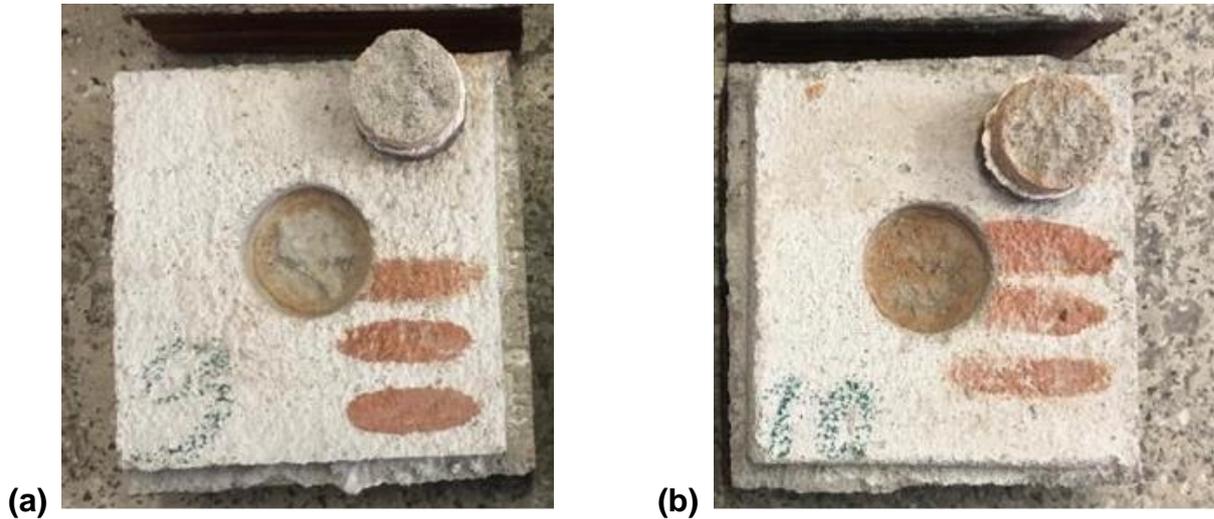
Argamassa	Local de Ruptura		
	Cola/Argamassa	Argamassa	Argamassa/Chapisco
AA1	25%	16,6%	58,4%
AA2	0%	33,3%	66,7%
AA3	0%	41,6%	58,4%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A Tabela 9 relata que as rupturas aconteceram em maioria na interface argamassa/chapisco. Em AA1, foi a única que obteve rompimento na região cola/argamassa, o motivo pode ser dado por erro durante a aplicação do adesivo na argamassa. No revestimento AA2 apresentou a maior porcentagem de ruptura na região da interface argamassa/chapisco.

Nas Figura 12a e 12b são apresentados, respectivamente, registros de ruptura na argamassa e na interface argamassa/chapisco.

Figura 12 – Incidência de ruptura no teste de aderência à tração. a)ruptura na argamassa; b)ruptura na interface argamassa/chapisco.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Por fim, as argamassas foram classificadas de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005). Tanto AA1 e AA3, ficaram situadas na faixa A1, a classe mais baixa deste ensaio. A argamassa AA2, ficou compreendida em A2, sendo a classificação média.

5 CONCLUSÃO

Este estudo realizou a caracterização de argamassas produzidas com arisco, tipicamente utilizadas na cidade de Crateús. Foram realizados ensaios no estado fresco e no estado endurecido, e as principais conclusões são elencadas a seguir:

- As argamassas com ariscos com maiores teores de partículas finas, AA2 e AA3, apresentaram os maiores diâmetro de espalhamento na mesa de consistência. Isso indica que para esses materiais, o teor de água pode ser reduzido. Contudo, sugere-se que mais investigações sejam realizadas para entender esse efeito, visto que, esse comportamento é contrário ao observado na literatura;
- As argamassas produzidas apresentaram uma boa relação entre o teor de ar incorporado e a densidade de massa no estado fresco, na qual a literatura confere que estas duas propriedades sejam inversamente proporcionais, quando não são adicionados aditivos em sua preparação.
- Todas as argamassas apresentaram resultados satisfatórios nos ensaios de resistência à tração na flexão e compressão axial. Contudo, mesmo sendo a única que atingiu o espalhamento ideal na mesa de consistência, a AA1 foi a que obteve os menores valores de resistências nestes ensaios. Portanto, é provável que com a diminuição da relação água/cimento destas argamassas, melhores resultados mecânicos seriam observados.
- As argamassas AA1 e AA3 não atingiram os valores mínimos estabelecidos pela norma de resistência de aderência à tração, para paredes internas e teto. Entretanto, esse comportamento seguiu a tendência observada nos ensaios de tração na flexão e compressão, no qual, AA2 foi a que teve os maiores valores, seguido de AA3 e AA1. Entretanto, é necessário mais estudo para compreender tais comportamentos.

De modo geral, as análises realizadas demonstram que argamassas confeccionadas com ariscos, em sua maioria, apresentam propriedades adequadas para utilização no revestimento interno, analisando-se a curto prazo, no entanto é necessário que a dosagem seja realizada com controle para que sejam minimizados os efeitos da

variação desses materiais.

A principal dificuldade encontrada no presente trabalho foi a pouca literatura acerca dos ariscos quando empregados nas argamassas de revestimento, de modo que foi necessário em algumas vezes recorrer a estudos realizados de outros argilominerais, como o saibro.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

- Determinar o teor de material orgânico presente nos ariscos locais.
- Estudar e comparar as propriedades das argamassas de revestimento com o uso dos ariscos através de outros ensaios, como: índice de forma dos agregados, parâmetros reológicos, coeficiente de capilaridade, retenção de água, densidade no estado endurecido e dentre outros.
- Avaliar as propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido com a mudança da relação água/cimento, a fim de fixar um índice de consistência 260 ± 5 mm.
- Analisar o comportamento das argamassas de revestimento com ariscos em médio e a longo prazo, com a finalidade de verificar se houve ganho ou perda em suas propriedades mecânicas, além do surgimento de possíveis manifestações patológicas.

REFERÊNCIAS

ARNOLD, D. C. M. **Análise da influência da forma dos grãos nas propriedades das argamassas**. 2011. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011.

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia prático de utilização do cimento *Portland*. Boletim técnico. São Paulo: **ASBP**, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 46**: Agregados: Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 27**: Agregados: Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 248**: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 45**: Agregados: Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NM 137**: Argamassa e concreto – Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7215**: Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - especificação. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - especificação. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ALMEIDA, S. L. M.; SILVA, V. S. Areia artificial: uma alternativa econômica e ambiental para o mercado nacional de agregados. *In: SUFFIB – SEMINÁRIO: O USO DA FRAÇÃO FINA DA BRITAGEM*, 2., 2005, São Paulo. *Anais...* São Paulo: EPUSP, 2005.

BAÍÁ, Luciana Leone Maciel; SABBATINI, Fernando Henrique. Projeto e Execução de Revestimentos de Argamassa. 4a Ed. São Paulo: **Nome da Rosa, (Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras)**. 2008

BAUER, E. (Org.). Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades. Brasília, DF: **SINDUSCON**, 2005.

CAPORRINO, Cristiana F. Patologia das anomalias em alvenarias e revestimentos argamassados. São Paulo: **Pini**, 2015.

CARASEK, H. Patologia das argamassas de revestimento. *In: ISAIA, G. C. Materiais de construção e princípios de ciência e engenharia de materiais*. São Paulo: **IBRACON**, 2007, p. 1-11.

CARASEK, H. Argamassas. *In: Isaia, G.C. (Ed.). Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. São Paulo: **IBRACON**, 2010. p. 892-944.

CARNEIRO, A. M. P., CINCOTTO, M. A. Dosagem de argamassas através de curvas granulométricas. **IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas**. São Paulo, ISSN 0103-9830, BT/PPCC/237,p.1-18,1999.

CARVALHO JR., A. N. – **Avaliação da Aderência dos Revestimentos Argamassados: Uma Contribuição à Identificação do Sistema de Aderência Mecânico** - Tese de Doutorado – Escola de Engenharia da UFMG – 331 p. - Belo Horizonte/MG – 2005.

CAVALCANTI, V. M. M. e PARAHYBA, R. E. R. **A indústria de agregados para construção civil na Região Metropolitana de Fortaleza**. 2012. Fortaleza: DNPM, 2011.

CINTRA, C.L.D.; PAIVA, A.E.; BALDO, J.B. Argamassa de revestimento para alvenaria contendo vermiculita expandida e agregados de borracha reciclada de pneus – Propriedades relevantes. **Cerâmica**. v. 60 n. 353, São Paulo. 2014.

DNER – ME 194. Agregados – **Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman**. Rio de Janeiro, 1998, 4p.

Do Ó, S. W., **Análise da retenção de água em argamassas de revestimento aditivadas**. 173p. Dissertação (Mestrado em estruturas e construção civil) – Faculdade de tecnologia – Distrito Federal, Brasília. 2004

DUBAJ, Eduardo. **Estudo comparativo entre traços de argamassas utilizadas em Porto Alegre** - Dissertação (Mestrado em Engenharia) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2000.

FIORITO, A. J. S. I. Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução. 2. ed. São Paulo: **Pini**, 2009.

FRANÇA, Esdras Poty. **Tecnologia básica do concreto**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Minas Gerais, 2004.

FREITAS, C.; Costa, M. R. M. M. Estudo da influência da distribuição granulométrica no desempenho de argamassas com areia britada. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela-RS. **Anais...** Canela-RS: ANTAC, 2010.

GOMES, Adailton O. **Propriedades das Argamassas de Revestimentos e Fachadas**. Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - UFBA. Comunidade da Construção, Salvador, 2008.

GOMES, Adailton de Oliveria. **Propriedades das argamassas de revestimento de fachadas**. Escola Politécnica da UFBA. Comunidade da Construção, Salvador, 2008.

HADDAD, L. D. et al. Análise da influência da granulometria do agregado miúdo nas propriedades mecânicas e de durabilidade das argamassas de revestimento. **Revista Ciência e Engenharia**, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia: 2016.

POLITO, G., **Avaliação quantitativa e qualitativa da introdução de cal hidratada nas argamassas e sua influência no desempenho e na morfologia**. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Civil). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2008.

LOPES, Bruno B. **Avaliação da aderência em sistemas de argamassa sobre superfície de concreto**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013

MACCARI, Guilherme H.. **Argamassa de assentamento com saibro: um estudo das práticas na região de tubarão/SC**. 2010. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Coordenação de Projetos e Novas Tecnologias de Edificações, Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2010.

MACIEL, L. L. et al. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**. EPUSP-PCC. São Paulo, 1998.

NAKAKURA, E. H.; CINCOTTO, M. A. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento**. In: BT/PCC/359 – Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção, São Paulo, 2004.

PETRUCCI, E. G. R. Concreto de Cimento Portland – 14. ed. rev. por Vladimir Antonio Paulon - São Paulo: **Globo**, 2005

RAGO, Fabiola; CINCOTTO, Maria A. Influência do tipo da cal hidratada na reologia de pastas. Boletim da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1999.
RIBEIRO, Carmen C.; PINTO Joana D. da S.; STARLING, Tadeu. **Materiais de construção civil**. 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

SABBATINI, Fernando. H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente**. Boletim da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1986.
SANTOS, H. B. dos. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2008.

SANTOS JUNIOR, José O. dos. **Estudo comparativo do comportamento entre argamassas produzidas com areia vermelha e arisco**. 2009. 38 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

SENTONE, D. T. **Desenvolvimento de método para medida de permeabilidade superficial de revestimentos de argamassa**. 2011. 139 f. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Sao Paulo, 2011.

SILVA, J. C. **A influência da adição de fibras de polipropileno e vermiculita expandida em argamassas com nanotitânia.** 63 p. Monografia (Graduação em Engenharia de Infraestrutura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2015.

SILVA, Marcos Maciel Serafim da. **Estudo comparativo entre argamassas confeccionadas com cal e argila do alto sertão alagoano.** 2019. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Unidade Delmiro Gouveia-Campus do Sertão, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2016.

SILVA, Dara Nascimento. **Caracterização do arisco: análise de propriedades físicas para verificação de possibilidades de aplicação em argamassas.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Unichristus. Fortaleza, 2021

SILVA JÚNIOR, Francisco Alves da. **Avaliação do efeito da adição do resíduo de borracha de pneu e brita calcária na formação de compósitos cimentícios.** 2014. 184f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

SOUSA, Priscila Karine Rodrigues de. **Caracterização do agregado miúdo, tipo arisco, utilizado na região metropolitana de Fortaleza.** Instituto Federal do Ceará. Fortaleza: Conexões, 2020.

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção.** São Paulo: Editora Pini, 2001.

TRISTÃO, Fernando. **A Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento.** Florianópolis, 1995. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

APÊNDICE A – RESULTADOS BRUTOS DAS RESISTÊNCIAS À TRAÇÃO NA FLEXÃO DAS ARGAMASSAS COM ARISCOS

Tabela A1 – Resultados brutos das resistências à tração na flexão aos 7 dias.

Amostras	Resistência à flexão (Mpa)
AA 1,1	2,2
AA 1,2 *	1,5
AA 1,3	1,9
AA 2,1	2,5
AA 2,2	2,6
AA 2,3	2,6
AA 3,1	2,4
AA 3,2	2,0
AA 3,3	2,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela A2 – Resultados brutos das resistências à tração na flexão aos 28 dias.

Amostras	Resistência à flexão (Mpa)
AA 1,1 *	3,0
AA 1,2	2,5
AA 1,3	2,4
AA 2,1	3,0
AA 2,2	3,1
AA 2,3	2,9
AA 3,1	2,7
AA 3,2	2,9
AA 3,3	ERRO

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

- Apresentou erro no rompimento do corpo de prova AA_{3,3} 28 dias;
- Seguindo a ABNT NBR 13279:2005, foi desconsiderado os resultados de AA_{1,2} 7 DIAS e AA_{1,1} 28 DIAS, por apresentarem desvio absoluto máximo superior a 0,3 MPa.

APÊNDICE B – RESULTADOS BRUTOS DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO AXIAL DAS ARGAMASSAS COM ARISCOS

Tabela B1 – Resultados brutos das resistências à compressão axial aos 7 dias.

Amostras	Área (mm ²)	Força máxima (N)	Resistência à compressão (Mpa)
AA 1,1	1600,00	11035,75	6,90
AA 1,2	1600,00	11379,32	7,11
AA 1,3	1600,00	10973,29	6,86
AA 1,4	1600,00	10837,94	6,77
AA 1,5	1600,00	10431,91	6,52
AA 1,6	ERRO	ERRO	ERRO
AA 2,1	1600,00	11962,34	7,48
AA 2,2	1600,00	11681,24	7,30
AA 2,3	1600,00	12035,22	7,52
AA 2,4 *	1600,00	9880,12	6,18
AA 2,5 *	1600,00	10254,92	6,41
AA 2,6	1600,00	11493,84	7,18
AA 3,1	1600,00	11160,69	6,98
AA 3,2	1600,00	11899,87	7,44
AA 3,3	1600,00	10775,47	6,73
AA 3,4	1600,00	11806,17	7,38
AA 3,5	1600,00	11462,61	7,16
AA 3,6	1600,00	10837,94	6,77

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela B2 – Resultados brutos das resistências à compressão axial aos 28 dias.

Amostras	Área (mm ²)	Força máxima (N)	Resistência à compressão (Mpa)
AA 1,1	1600,00	12691,12	7,93
AA 1,2	1600,00	12680,70	7,93
AA 1,3	1600,00	13284,55	8,30
AA 1,4	1600,00	13700,99	8,56
AA 1,5	1600,00	13055,50	8,16
AA 1,6	1600,00	13399,07	8,37
AA 2,1	1600,00	15293,89	9,56
AA 2,2	1600,00	15876,91	9,92
AA 2,3	1600,00	15731,15	9,83
AA 2,4	1600,00	15335,53	9,58
AA 2,5	1600,00	15231,42	9,52
AA 2,6 *	1600,00	13242,90	8,28
AA 3,1	1600,00	13877,98	8,67
AA 3,2	1600,00	13669,76	8,54
AA 3,3	1600,00	13992,50	8,75
AA 3,4	1600,00	13763,46	8,60
AA 3,5	1600,00	14533,88	9,08
AA 3,6	1600,00	14231,96	8,89

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

- Apresentou erro no rompimento do corpo de prova AA_{1,6} 7 dias;
- Seguindo a ABNT NBR 13279:2005, foi desconsiderado os resultados de AA_{2,4} 7 DIAS, AA_{2,5} 7 DIAS e AA_{2,6} 28 DIAS, por apresentarem desvio absoluto máximo superior a 0,5 MPa.

APÊNDICE C – RESULTADOS BRUTOS DAS RESISTÊNCIAS DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DAS ARGAMASSAS COM ARISCOS

Tabela C1 – Resultados brutos das resistências de aderência à tração da AA1.

Amostras	Área (mm ²)	Ruptura (N)	Tensão RA (MPa)	Local de ruptura
AA1,1	1963,50	272,63	0,14	ARGAMASSA
AA1,2	1963,50	303,03	0,15	COLA/ARGAMASSA
AA1,3	1963,50	125,53	0,06	COLA/ARGAMASSA
AA1,4	1963,50	264,78	0,13	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA1,5	1963,50	348,14	0,18	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA1,6	1963,50	546,23	0,28	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA1,7	1963,50	362,85	0,18	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA1,8	1963,50	117,68	0,06	ARGAMASSA
AA1,9	1963,50	179,46	0,09	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA1,10	1963,50	151,02	0,08	COLA/ARGAMASSA
AA1,11	1963,50	404,04	0,21	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA1,12	1963,50	321,66	0,16	ARGAMASSA/CHAPISCO
MÉDIA (MPa)				0,14
DESVIO PADRÃO				0,065
COEF VARIAÇÃO				45%
< 0,2 MPa				83%
≥ 0,2 MPa				17%
≥ 0,3 MPa				0%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela C2 – Resultados brutos das resistências de aderência à tração da AA2.

Amostras	Área (mm ²)	Ruptura (N)	Tensão RA (MPa)	Local de ruptura
AA2,1	1963,50	87,28	0,04	ARGAMASSA
AA2,2	1963,50	416,78	0,21	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA2,3	1963,50	761,00	0,39	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA2,4	1963,50	384,42	0,20	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA2,5	1963,50	205,94	0,10	ARGAMASSA
AA2,6	1963,50	323,62	0,16	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA2,7	1963,50	320,68	0,16	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA2,8	1963,50	935,56	0,48	ARGAMASSA
AA2,9	1963,50	616,84	0,31	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA2,10	1963,50	341,27	0,17	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA2,11	1963,50	257,92	0,13	ARGAMASSA
AA2,12	1963,50	488,37	0,25	ARGAMASSA/CHAPISCO
MÉDIA (MPa)				0,22
DESVIO PADRÃO				0,12
COEF VARIAÇÃO				56%
< 0,2 MPa				50%
≥ 0,2 MPa				25%
≥ 0,3 MPa				25%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela C3 – Resultados brutos das resistências de aderência à tração da AA3.

Amostras	Área (mm²)	Ruptura (N)	Tensão RA (MPa)	Local de ruptura
AA3,1	1963,50	139,26	0,07	ARGAMASSA
AA3,2	1963,50	316,76	0,16	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA3,3	1963,50	207,90	0,11	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA3,4	1963,50	82,38	0,04	ARGAMASSA
AA3,5	1963,50	528,58	0,27	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA3,6	1963,50	361,87	0,18	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA3,7	1963,50	135,33	0,07	ARGAMASSA
AA3,8	1963,50	311,85	0,16	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA3,9	1963,50	118,66	0,06	ARGAMASSA
AA3,10	1963,50	465,82	0,24	ARGAMASSA/CHAPISCO
AA3,11	1963,50	473,66	0,24	ARGAMASSA
AA3,12	1963,50	406,00	0,21	ARGAMASSA/CHAPISCO
MÉDIA (MPa)				0,15
DESVIO PADRÃO				0,08
COEF VARIAÇÃO				53%
< 0,2 MPa				67%
≥ 0,2 MPa				33%
≥ 0,3 MPa				0%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).