



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CAMPUS REITOR EDGARD SANTOS
CENTRO DAS CIÊNCIAS EXATAS E DAS TECNOLOGIAS
COLEGIADO DE ENGENHARIA CIVIL

TALLITA DE MATOS DA ROCHA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA POTENCIAL DE ADERÊNCIA E FISSURAÇÃO
DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO CONTENDO RESÍDUO DE CERÂMICA
VERMELHA COMO SUBSTITUINTE PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO**

BARREIRAS – BA
DEZEMBRO DE 2025

TALLITA DE MATOS DA ROCHA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA POTENCIAL DE ADERÊNCIA E FISSURAÇÃO
DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO CONTENDO RESÍDUO DE CERÂMICA
VERMELHA COMO SUBSTITUINTE PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado à Universidade Federal do Oeste
da Bahia – UFOB, *Campus* Reitor Edgard
Santos, como requisito parcial para obtenção
do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: D. Sc. Juarez Hoppe Filho.

**BARREIRAS – BA
DEZEMBRO DE 2025**

FICHA CATALOGRÁFICA

R672 Rocha, Tallita de Matos da.

Avaliação da resistência potencial de aderência e fissuração de argamassas de revestimento contendo resíduo de cerâmica vermelha como substituinte parcial do agregado miúdo. / Tallita de Matos da Rocha. – 2025.

81f.

Orientador: Prof. Dr. Juarez Hoppe Filho.

Monografia (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. Barreiras, BA, 2025.

1. Argamassa de revestimento; 2. Resíduo de Cerâmica Vermelha (RCV); 3. Correção granulométrica; 4. Aderência à tração; 4. Fissuração. I. Hoppe Filho, Juarez. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia - Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. III. Título.

CDD 624

TALLITA DE MATOS DA ROCHA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA POTENCIAL DE ADERÊNCIA E FISSURAÇÃO
DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO CONTENDO RESÍDUO DE CERÂMICA
VERMELHA COMO SUBSTITUINTE PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado à Universidade Federal do Oeste
da Bahia – UFOB, *Campus* Reitor Edgard
Santos, como requisito parcial para obtenção
do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: D. Sc. Juarez Hoppe Filho.

Aprovada em 05 de Dezembro de 2025.

Banca Examinadora

Orientador:

Professor Dr. Juarez Hoppe Filho

UFOB - Universidade Federal do Oeste da Bahia

Professor Dr. Roberto Bagattini Portella

UFOB - Universidade Federal do Oeste da Bahia

Eng^a. Civil MSc. Diandra Chisa Tanaka

UFOB - Universidade Federal do Oeste da Bahia

Dedico este trabalho aos meus pais e maiores incentivadores, Luzimar e João Batista, cujo apoio incondicional e compromisso incansável com a nossa educação tornaram possível cada conquista ao longo da minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me preparou para que eu chegasse até aqui, colocando as pessoas certas em meu caminho e mantendo-me firme nele.

À minha mãe e primeira professora, Luzimar, responsável pela minha alfabetização e por me mostrar, lembrando-me diariamente, que o nosso conhecimento é a única coisa que não nos pode ser tirada.

Ao meu pai, João Batista, que, mesmo antes de eu aprender a ler, já me presenteava com tabuleiros de números; que me deu meu primeiro livro e me ajudou a escrever o primeiro; e que, com todo o seu conhecimento de vida, me motiva sempre a querer aprender mais.

Aos meus irmãos, Nattália e Eduardo, por serem minhas maiores inspirações, por compreenderem todos os meus momentos de estresse durante esses longos anos e por serem ponto de paz em meio ao caos, e luz que ilumina o meu caminho.

A toda minha família, que sempre torceu por mim, se orgulhou das minhas conquistas e participou deste caminho sempre que pôde.

Aos meus amigos de longa data, Karen, Gicélio Junior e Marney, que acompanharam o nascimento deste sonho em meu coração e estiveram ao meu lado em todas as etapas.

Aos amigos que a UFOB me presenteou e que foram essenciais em diversos momentos da graduação para que eu chegasse até aqui: Jefferson, Priscila, Jaedson, Victória, Davi e Luane, registro minha eterna gratidão. Esta jornada não teria sido tão gratificante sem vocês.

A todos os colegas do curso de Engenharia Civil, que de uma forma ou de outra contribuíram nos momentos de tensão pré-prova, nos trabalhos em grupo e no compartilhamento de conhecimento.

Ao meu orientador, Professor Dr. Juarez Hoppe Filho, por toda a orientação neste trabalho de conclusão de curso e nesses anos de laboratório, pelo conhecimento compartilhado e pelo apoio contínuo por meio de conselhos, conversas e palavras de incentivo.

A todos os professores que marcaram minha vida estudantil e universitária. Cada aula, cada orientação e cada gesto de dedicação foram fundamentais para que eu pudesse construir este caminho. Vocês deixaram marcas que levarei para sempre comigo.

Ao meu supervisor de estágio, Rafael Malheiro, por toda supervisão e conhecimento passado nesses anos, que foram fundamentais para o meu crescimento profissional.

À banca examinadora, composta pelo Professor Dr. Roberto Bagattini Portella e pela Eng^a. Civil MSc. Diandra Chisa Tanaka, agradeço pela disponibilidade em avaliar este trabalho e pelas contribuições valiosas desde o Trabalho de Conclusão de Curso I.

“Se quer ir rápido, vá sozinho. Se quer ir
longe, vá acompanhado”.

Provérbio Africano

RESUMO

O estudo insere-se no contexto da construção civil, caracterizado pelo elevado consumo de recursos naturais e geração de resíduos. A pesquisa parte da hipótese de que a incorporação de resíduo de cerâmica vermelha (RCV) em argamassas pode aprimorar propriedades físico-mecânicas – resistência à compressão, aderência à tração e redução do indicador de fissuração – ao mesmo tempo em que contribui para a sustentabilidade ao mitigar o descarte inadequado destes resíduos. O presente trabalho avaliou a resistência potencial de aderência à tração e fissuração de argamassas de revestimento aplicadas em paredes de blocos cerâmicos, empregando RCV como substituto parcial do agregado miúdo para correção granulométrica. A metodologia contempla a adequação da granulometria do agregado miúdo regional – através de composição com RCV –, bem como a avaliação da resistência potencial de aderência à tração e a fissuração em argamassas de revestimento de alvenarias. A incorporação do resíduo de cerâmica vermelha (RCV) corrigiu a granulometria da areia natural, favorecendo melhor empacotamento das partículas e mantendo a trabalhabilidade das argamassas, ainda que com maior demanda de água. Os resultados mostraram resistência à compressão equivalente à referência, maior densificação da matriz e módulo de elasticidade semelhante, indicando rigidez próxima. A aderência à tração permaneceu constante, comprovando que o RCV não compromete a ligação com o substrato cerâmico. Além disso, a substituição parcial do agregado natural pelo RCV manteve propriedades similares, propiciou aumento da relação agregado/cimento, conseqüentemente reduziu o consumo de cimento, gerando economia e reforçando o caráter sustentável da proposta. O uso do RCV em argamassas de revestimento demonstrou viabilidade técnica e responsabilidade ambiental, conciliando desempenho, durabilidade e sustentabilidade.

Palavras-chave: Argamassa de revestimento. Resíduo de Cerâmica Vermelha (RCV). Correção granulométrica. Aderência à tração. Fissuração.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação de um substrato cerâmico revestido com sistema cimentício e pintura.....	20
Figura 2: Fluxograma para apresentação da caracterização física dos materiais.....	27
Figura 3: Fluxograma para apresentação dos ensaios físico-mecânicos realizados nas argamassas.....	28
Figura 4: Agregado miúdo natural comercializado em Barreiras-BA e utilizado no estudo. .	29
Figura 5: Resíduo de cerâmica vermelha após fragmentação com marreta.....	30
Figura 6: Aparelho de abrasão Los Angeles para moagem do RCV.	31
Figura 7: Agregado reciclado utilizado no estudo, produzido a partir de blocos de vedação danificados.....	31
Figura 8: Distribuição granulométrica do agregado natural comercializado em Barreiras-BA e limites propostos na norma ASTM C 897 (2015) para agregado natural.....	32
Figura 9: Fração de pó de pedra utilizada no estudo.....	33
Figura 10: Bloco cerâmico utilizado como substrato no estudo.	35
Figura 11: Massa específica da areia pelo frasco de Chapman.....	37
Figura 12: Agitador mecânico para determinação da composição granulométrica de agregados miúdos.	38
Figura 13: Argamassadeira automática - AMC.....	40
Figura 14: Moldagem dos corpos de prova cilíndricos Ø5cm x 10cm para ensaios.....	40
Figura 15: Blocos cerâmicos rebocados para extração dos corpos de prova para os ensaios de resistência potencial de aderência à tração.	41
Figura 16: Mesa para determinação do índice de consistência (<i>flow table</i>).....	42
Figura 17: Índice de consistência da argamassa com RCV, pré e pós a aplicação dos impactos.....	42
Figura 18: Corpos de prova retificados para ensaio de resistência à compressão.....	43
Figura 19: Execução do ensaio de módulo de elasticidade com o deflectômetro acoplado ao corpo de prova.	44
Figura 20: Bloco cerâmico encaixado no molde de madeira.	45
Figura 21: Estrutura de madeira para lançamento da argamassa.	45
Figura 22: Bloco cerâmico revestido no molde de madeira.....	47
Figura 23: a) bloco cerâmico retirado do molde b) bloco em posição vertical após a aplicação do revestimento.	47

Figura 24: Cortes delimitando os corpos de prova.....	48
Figura 25: Aparelho para arrancamento hidráulico manual, para argamassas.....	49
Figura 26: Pastilha circular metálica para ensaio de aderência da argamassa.	49
Figura 27: Anel de argamassa produzido para medir o indicador de fissuração em argamassas.....	50
Figura 28: Distribuição granulométrica do agregado natural e limites propostos na norma ASTM C897 para agregado natural para argamassa de revestimento.....	52
Figura 29: Distribuição granulométrica do agregado reciclado de RCV e limites propostos na norma ASTM C897 para agregado para argamassa de revestimento.....	53
Figura 30: Distribuição granulométrica da fração de pó de pedra e limites propostos na norma ASTM C897 para agregado para argamassa de revestimento.....	53
Figura 31: Distribuições granulométricas das composições e limites propostos na norma ASTM C897 para agregado artificial para argamassa de revestimento.	55
Figura 32: Evolução da resistência à compressão das argamassas.	56
Figura 33: Exemplos de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração ao substrato e esquema do conjunto de camadas (revestimento, cola e pastilha).	59
Figura 34: Ponto R1 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	62
Figura 35: Ponto R2 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	62
Figura 36: Ponto R3 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	63
Figura 37: Ponto R4 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	63
Figura 38: Ponto R5 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	63
Figura 39: Ponto R6 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	64
Figura 40: Ponto R7 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	64
Figura 41: Ponto R8 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	64
Figura 42: Ponto R9 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	65

Figura 43: Ponto R10 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	65
Figura 44: Ponto C1 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	65
Figura 45: Ponto C2 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	66
Figura 46: Ponto C3 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	66
Figura 47: Ponto C4 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	66
Figura 48: Ponto C5 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	67
Figura 49: Ponto C6 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	67
Figura 50: Ponto C7 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	67
Figura 51: Ponto C8 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	68
Figura 52: Ponto C9 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	68
Figura 53: Ponto C10 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.	68
Figura 54: Anel de argamassa referência 1,0:4,5:0,80.....	70
Figura 55: Anel de argamassa com RCV 1,0:6,0:1,12.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espessuras admissíveis de revestimentos argamassados para ambientes internos e externos.....	20
Tabela 2: Limites de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada úmida...	23
Tabela 3: Traços unitários, em massa, utilizados no presente trabalho.....	36
Tabela 4: Resultados da caracterização dos materiais.....	51
Tabela 5: Índice de consistência das argamassas de revestimento.....	56
Tabela 6: Módulo de elasticidade estático das argamassas.....	57
Tabela 7: Valores do ensaio de resistência potencial de aderência à tração da argamassa referência.	60
Tabela 8: Valores do ensaio de resistência potencial de aderência à tração da argamassa com RCV.....	60
Tabela 9: Resistência potencial de aderência à tração das argamassas.....	61
Tabela 10: Indicador de fissuração - anel de argamassa.	71
Tabela 11: Consumo de cimento por m ³	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. IMPORTÂNCIA DO TEMA	16
1.2. HIPÓTESE	17
1.3. OBJETIVO	18
1.3.1. Objetivo Geral	18
1.3.2. Objetivos Específicos	18
1.4. JUSTIFICATIVA	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1. ARGAMASSA	20
2.2. RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA (RCV)	21
2.3. UTILIZAÇÃO DO RCV NA CONSTRUÇÃO CIVIL	21
2.4. UTILIZAÇÃO DO CHAPISCO EM SUBSTRATO	22
2.5. MÓDULO DE ELASTICIDADE	24
2.6. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1. MATERIAIS EMPREGADOS	28
3.1.1. Agregado miúdo	29
3.1.2. Resíduo de cerâmica vermelha (RCV)	29
3.1.3. Fração de Pó de Pedra	32
3.1.4. Cimento Portland	33
3.1.5. Aditivo plastificante	33
3.1.6. Água	34
3.2. METODOLOGIA.....	34
3.2.1. Proporções de mistura	35
3.2.2. Caracterização física do agregado reciclado (RCV) e do agregado miúdo natural (areia)	36

3.2.2.1. Massa Específica (frasco de Chapman) para agregados	36
3.2.2.2. Massa unitária nos estados solto e compactado (NBR 16972:2021)	38
3.2.2.3. Determinação da composição granulométrica dos agregados miúdos (NBR 17054:2022)	38
3.2.3. Determinação da composição granulométrica – Composição de Areia + RCV	39
3.2.4. Massa específica do cimento (NBR 16605:2017)	39
3.2.5. Preparação das argamassas e corpos de prova	39
3.2.6. Ensaio no Estado Fresco	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
4.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS AGREGADOS MIÚDOS E AGLOMERANTE...	51
4.2. DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS E PROPORÇÃO DE RCV NA MISTURA.....	51
4.3. ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA (NBR 13276 (ABNT, 2016)).....	55
4.4. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (NBR 7215 (ABNT, 2019)).....	56
4.5. MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO	57
4.6. RESISTÊNCIA POTENCIAL DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO (NBR 15258 (ABNT, 2021))	58
4.7. FISSURAÇÃO	69
4.8. CONSUMO DE MATERIAIS PARA PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS.....	71
5. CONCLUSÃO	73
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	75
REFERÊNCIAS	77

1. INTRODUÇÃO

Marcada pelo elevado consumo de recursos naturais e pela geração de resíduos em larga escala, a indústria da construção civil demanda, cada vez mais, soluções que conciliem desempenho técnico, viabilidade econômica e responsabilidade ambiental. Nesse contexto, as argamassas de revestimento de paredes assumem papel estratégico, cuja eficiência se relaciona diretamente à composição granulométrica do agregado miúdo empregado. A pesquisa a ser desenvolvida neste estudo tem como escopo a análise da aplicação do resíduo de cerâmica vermelha (RCV) como substituinte parcial do agregado miúdo, visando a correção da composição granulométrica da areia natural de leito de rio comercializada em Barreiras (BA), por esta ser demasiadamente fina. Ao avaliar propriedades mecânicas específicas, o estudo busca evidenciar os ganhos de desempenho proporcionados pela incorporação do RCV às argamassas de revestimento, bem como os impactos ambientais positivos advindos da possível redução no consumo de cimento na produção dessas argamassas.

1.1. IMPORTÂNCIA DO TEMA

Na indústria de cerâmica vermelha, os resíduos gerados (cacos cerâmicos), RCV, correspondem a aproximadamente 3% a 5% da produção nacional, o que representa um descarte anual estimado entre 4 e 6,5 milhões de toneladas de materiais (CABRAL JUNIOR, 2025).

A indústria do cimento no Brasil, embora essencial para o desenvolvimento da infraestrutura nacional, é responsável por uma parcela significativa das emissões de dióxido de carbono (CO₂). Estima-se que cerca de 63% dessas emissões estejam relacionadas ao processo de calcinação do calcário, enquanto aproximadamente 36% decorrem da queima de combustíveis fósseis utilizados nos fornos. Apesar disso, o setor brasileiro apresenta índices de emissão específicos inferiores à média mundial, resultado de medidas mitigadoras implementadas nas últimas décadas, como o uso de combustíveis alternativos e a redução da proporção de clínquer no cimento. Essas ações refletem o compromisso da indústria em alinhar-se às metas globais de descarbonização e em contribuir para a mitigação das mudanças climáticas (SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO, 2019).

O uso de argamassas na construção civil desempenha um papel fundamental tanto no assentamento de blocos quanto no revestimento de alvenarias. No entanto, sua eficiência está diretamente ligada à composição dos materiais utilizados, especialmente à distribuição granulométrica do agregado miúdo. Entender e aprimorar essa característica pode resultar em melhorias significativas de desempenho.

Além disso, o setor da construção civil é historicamente associado a altos índices de geração de resíduos e consumo de recursos naturais. Assim, a busca por alternativas sustentáveis torna-se essencial. A incorporação de resíduos da cerâmica vermelha (RCV) em argamassas representa uma solução promissora que alia desempenho técnico à preservação ambiental, contribuindo para a redução de resíduos oriundos desse setor.

Nos traços de 1,0:4,5 na argamassa de referência e 1,0:6,0 na argamassa com RCV, estudados no trabalho de Hoppe Filho *et al.* (2025), observou-se uma diminuição significativa no consumo de cimento em função da incorporação de materiais alternativos, como o Resíduo de Cerâmica Vermelha (RCV) como substituinte parcial do agregado miúdo. Essa redução não comprometeu o desempenho mecânico das misturas. Além disso, a menor utilização de cimento representa não apenas uma economia de recursos, mas também uma contribuição direta para a mitigação das emissões de CO₂ associadas à produção desse insumo, reforçando a relevância da pesquisa no contexto da sustentabilidade na construção civil.

Estudar essas possibilidades fortalece o avanço de práticas sustentáveis no setor, tornando a construção civil mais alinhada com os princípios de responsabilidade socioambiental e inovação tecnológica.

1.2. HIPÓTESE

Pressupõe-se que a utilização do resíduo de cerâmica vermelha, enquanto substituinte parcial do agregado miúdo em argamassas de revestimento de paredes de bloco cerâmico, conferem melhoria nas propriedades físico-mecânicas destas. Presume-se, ainda, que essa utilização propicia um aumento da resistência potencial de aderência e resistência à compressão, diminuição do indicador de fissuração, além de mitigar os impactos ambientais da indústria da cerâmica vermelha, contribuindo com a destinação final de resíduos da construção civil.

1.3. OBJETIVO

1.3.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objeto de pesquisa analisar as propriedades físico-mecânicas de argamassas de revestimento de paredes de blocos de cerâmica vermelha, utilizando resíduo de cerâmica vermelha (RCV) como substituinte parcial do agregado miúdo.

1.3.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, tem-se:

- Realizar a correção da distribuição granulométrica do agregado miúdo regional para sua utilização em argamassas de revestimento;
- Analisar a influência do uso de RCV e da fração do pó de pedra na composição da argamassa sobre a aderência à tração direta;
- Realizar ensaios de resistência à compressão e determinação do módulo de elasticidade nas argamassas de referência e com RCV, na idade de 28 dias;
- Mensurar o indicador de fissuração nas argamassas referência e com RCV; e
- Comparar consumo de produção das diferentes argamassas, com foco no consumo de cimento e eficiência técnica.

1.4. JUSTIFICATIVA

A distribuição granulométrica do agregado miúdo exerce influência direta e significativa no desempenho das argamassas. Uma distribuição adequada dos tamanhos de grãos é essencial para aprimorar características como trabalhabilidade e resistência mecânica. Nobre (2022) concluiu que argamassas produzidas com grãos de maiores dimensões apresentaram melhorias no espalhamento, na resistência à tração na flexão e na resistência à compressão, quando comparadas àquelas produzidas com grãos mais finos. Em suma, a variabilidade dos grãos na distribuição granulométrica resultou em argamassas com melhor desempenho geral, evidenciando maior eficiência entre as propriedades avaliadas.

As argamassas utilizadas em revestimentos de paredes enfrentam frequentemente manifestações patológicas, como fissuras e falhas de aderência, que comprometem sua durabilidade e desempenho. Assim, surge a necessidade de investigar alternativas sustentáveis, como o uso de resíduos da cerâmica vermelha, para aprimorar suas propriedades físico-mecânicas e minimizar impactos ambientais.

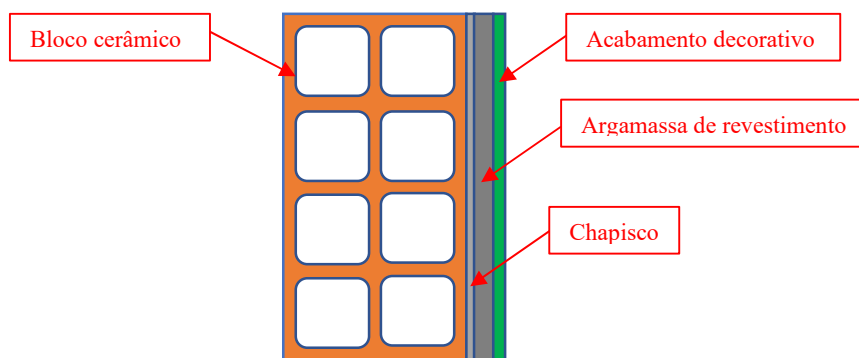
O presente trabalho é continuidade de uma pesquisa iniciada durante o projeto de iniciação científica, do programa PRODISCENTE-UFOB, desenvolvido em 2021, no qual foi constatado que o agregado miúdo comercializado na região de Barreiras-BA apresenta predominância de partículas muito finas e a sua distribuição granulométrica não cumpre os limites propostos na ASTM C 897 (2015): *standard specification for aggregate for job-mixed Portland cement-based plasters*. Essa característica compromete a eficiência das argamassas utilizadas em obras locais. No estudo anterior, o qual resultou na publicação em 2025 do artigo intitulado “Resíduo de cerâmica vermelha na composição de agregado miúdo de argamassas: efeitos nas propriedades físico-mecânicas”, na Revista Ambiente Construído, de classificação Qualis/Capes A3 (Engenharias I), verificou-se que a correção da distribuição granulométrica por meio da incorporação de resíduos de cerâmica vermelha proporcionou uma composição mais equilibrada, resultando em melhorias significativas nas propriedades mecânicas das argamassas aplicadas em assentamento de blocos e revestimento de paredes e tetos (HOPPE FILHO *et al.*, 2025). Dando sequência a essa linha de pesquisa, o presente trabalho buscou aprofundar a análise sobre propriedades específicas das argamassas de revestimento de paredes, com foco na resistência potencial de aderência à tração e no indicador de fissuração, visando contribuir para o aprimoramento técnico e a sustentabilidade na construção civil regional.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ARGAMASSA

A NBR 13281-1 (ABNT, 2023) – Argamassas inorgânicas – Requisitos e métodos de ensaios – Parte 1: Argamassas para revestimento de paredes e tetos conceitua argamassa como sendo uma mistura homogênea de um ou mais ligantes inorgânicos, agregados miúdos e água, que pode conter fibras, adições e/ou aditivos, com características específicas de desempenho adequadas à utilização. Já pela NBR 13529 (ABNT, 2013) – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia, um revestimento de argamassa pode ser definido como o cobrimento de uma superfície, com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final, podendo este ser ou não decorativo. Na Figura 1 é apresentado um esquema representativo de um substrato cerâmico revestido.

Figura 1: Representação de um substrato cerâmico revestido com sistema cimentício e pintura.



Fonte: Autora.

A NBR 13749 (ABNT, 2013) – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação apresenta as espessuras internas e externas admissíveis para a execução de revestimento de paredes e tetos, as quais são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Espessuras admissíveis de revestimentos argamassados para ambientes internos e externos.

Revestimento	Espessura (e) (mm)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos interno e externo	$e \leq 20$

Fonte: Adaptada da NBR 13749 (ABNT, 2013).

2.2. RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA (RCV)

A escolha da utilização de resíduo de cerâmica vermelha se dá pelo fato de que esses resíduos, diferente dos resíduos de construção e demolição (RCD), são homogêneos, de fácil triagem e, conseqüentemente, sua caracterização se torna mais precisa.

Dados da Associação Nacional da Indústria Cerâmica – ANICER (2023), mostram que o Brasil possui 5578 empresas e olarias de cerâmica vermelha, produzindo, por ano, cerca de 2.261.565.000 unidades de telha cerâmica e 5.896.037.000 unidades de blocos cerâmicos.

Desde o processo de fabricação de telhas, tijolos e outras peças de cerâmica vermelha até obras de construções e demolições, geram-se os resíduos de cerâmica vermelha (RCV). Comumente, esses resíduos não recebem uma destinação apropriada, resultando em prejuízos tanto para a indústria quanto para a sociedade, em decorrência da falta de sustentabilidade do processo (ALVES *et al.*, 2025).

Para o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, os resíduos da construção e demolição em tela se categorizam na Classe A, os quais possuem potencial de reutilização (CONAMA, 2002). Na resolução nº 307/2002, o CONAMA enfatiza que os resíduos da construção civil Classe A, representam um expressivo percentual dos resíduos sólidos gerados em áreas urbanas. Dados da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente – ABREMA, indicam que o Brasil gerou, exclusivamente em 2022, cerca de 45 milhões de toneladas de Resíduo de Construção e Demolição (RCD) (ABREMA, 2024).

Segundo Aguiar *et al.* (2022), a cerâmica vermelha desempenha um papel relevante na economia nacional, representando 4,8% das indústrias da construção civil, e cerca de 90% das alvenarias e coberturas brasileiras são construídas com este material. A região Nordeste, onde se situa a região de desenvolvimento do presente trabalho, é responsável por 21,25% da produção de cerâmica vermelha no Brasil (SEBRAE, 2015).

2.3. UTILIZAÇÃO DO RCV NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Conforme os resultados apresentados por Furtado (2021), a substituição do agregado miúdo por resíduo de cerâmica vermelha (RCV) exerce um impacto direto sobre as características das argamassas para revestimento. No estado fresco, maiores níveis de

substituição resultam em menor espalhamento e comprometem a trabalhabilidade, além de reduzirem a densidade. As argamassas com 100% de substituição mostraram uma melhoria significativa na resistência à compressão. Quanto à resistência à tração na flexão, as substituições de 50% e 100% superaram o desempenho das argamassas de referência. Dessa forma, o uso de RCV revela-se promissor, especialmente no aprimoramento das propriedades como resistências à compressão e à tração na flexão das argamassas em seu estado endurecido.

O uso de RCV como substituto parcial do agregado miúdo convencional já é amplamente pesquisado no Brasil, partindo disto, a substituição em argamassas para assentamento de blocos e revestimento de paredes, no teor de 35%, mostrou-se promissor, apresentando melhorias nas propriedades físico-mecânicas, tais como resistência à compressão, apesar da maior demanda de água (Hoppe Filho *et al.*, 2025).

De acordo com o estudo de Alves *et al.* (2025), com base em análise física, materiais com diâmetro máximo inferior a 19 mm demonstraram potencial para substituição, total ou parcial, dos agregados miúdo ou graúdo em argamassas e concretos. Além disso, partículas com diâmetro inferior a 0,075 mm são indicadas para aplicação na matriz de pasta, atuando como alternativa viável ao cimento.

A substituição parcial do agregado natural por agregado reciclado de RCV apresentou benefícios técnicos nas misturas em que a relação agregado/cimento foi igual ou superior a 4,5. A análise comparativa entre argamassas com e sem o uso de RCV, de desempenhos similares confronta a argamassa de referência 1,0:4,5 com a argamassa 1,0:6,0, na qual houve substituição parcial do agregado miúdo natural para adequação da distribuição granulométrica. Com isso, observou-se uma redução de 18% no consumo de cimento da argamassa contendo agregado reciclado de RCV e 29% do consumo de agregado natural (Hoppe Filho *et al.*, 2025).

2.4. UTILIZAÇÃO DO CHAPISCO EM SUBSTRATO

A qualidade das superfícies com revestimentos argamassados utilizados em vedações de edificações está diretamente ligada à qualidade do material empregado, à técnica de aplicação e ao substrato que recebe o revestimento. Tradicionalmente utilizado nas construções

brasileiras, o chapisco – composto por uma mistura básica de aglomerante e agregado miúdo – atua como um preparo da base, uniformizando a absorção de água do substrato e, principalmente, melhorando a aderência do revestimento de argamassa (SOUZA *et al.* 2025).

Segundo Denizard (2016), o tratamento do substrato com a aplicação do chapisco oferece diversos benefícios, incluindo o aumento da rugosidade da base, melhoria da resistência de aderência à tração e regularização e uniformização da capacidade de sucção e absorção de água pelo substrato.

Souza *et al.* (2025) concluíram em seu trabalho que existe uma relação direta entre a rugosidade da superfície dos blocos de concreto e cerâmico e a resistência à tração tanto com, quanto sem a aplicação do chapisco no substrato. O uso do chapisco confere diversos benefícios como o aumento da rugosidade da base do substrato que, conseqüentemente, eleva a resistência de aderência à tração, resultando em melhor desempenho e maior durabilidade aos revestimentos argamassados.

Em seu estudo realizado em 4 diferentes obras da cidade de Guaporé/RS, Salvi (2017) pesquisou os revestimentos argamassados aplicados em substratos de concreto e alvenaria e, de modo geral, as argamassas obtiveram maior aderência quando aplicadas no substrato cerâmico com chapisco, enquanto os menores valores foram condizentes com o substrato de concreto. No que se refere aos substratos, bases de concreto apresentaram-se inferiores a aderência, quando comparados aos substratos cerâmicos. No uso de chapisco, o convencional mostrou-se superior ao desempenado e na cerâmica seu desempenho foi satisfatório, o que condiz com a norma NBR 13749 (ABNT, 2013), atendendo aos 0,30 MPa (Tabela 2), enquanto aos demais, encontraram-se abaixo de 0,30 MPa (SALVI, 2017).

Tabela 2: Limites de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada úmida.

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: Adaptada da NBR 13749 (ABNT, 2013).

Diante do exposto, ressalta-se que nos ensaios realizados neste trabalho não foi utilizada a aplicação de chapisco nos substratos, uma vez que a norma de aderência NBR 15258 (ABNT, 2021) não estabelece tal exigência metodológica. Essa escolha metodológica permitiu avaliar o desempenho das argamassas em condições mais críticas, simulando o pior caso possível de aderência. Estudos anteriores, como o de Assermann (2018), demonstram que a presença do chapisco tende a elevar significativamente os valores de resistência de aderência à tração, em função do aumento da rugosidade e da regularização da absorção de água pelo substrato. Dessa forma, a comparação entre resultados obtidos com e sem chapisco evidencia que, embora o preparo da base proporcione ganhos de desempenho, a análise sem esse recurso contribui para verificar a real capacidade de aderência das argamassas diretamente sobre blocos cerâmicos e de concreto, reforçando a relevância dos resultados aqui apresentados.

2.5. MÓDULO DE ELASTICIDADE

Além da aderência da argamassa ao substrato, espera-se que o revestimento de argamassa apresente capacidade de deformar-se sem fissurar, mesmo diante de tensões oriundas da retração ou de pequenas movimentações da base. O módulo de elasticidade constitui uma propriedade essencial nesse contexto, pois está diretamente relacionado à habilidade da argamassa de se deformar dentro do regime elástico, isto é, antes da ocorrência de fissuras. Trata-se de uma característica especialmente relevante para revestimentos de paredes externas, expostas a maiores variações de temperatura.

Para que uma argamassa seja considerada flexível, ou seja, que se deforme com baixos níveis de tensão, esta deve possuir um baixo módulo de elasticidade. Figueiredo et al. (2015) concluíram que o módulo de elasticidade das argamassas é reduzido com o aumento do teor de ar incorporado a uma matriz de argamassa, por permitir maior capacidade de acomodação das deformações, reduzindo o risco de aparecimento de fissuras em um revestimento que seja executado com a mesma.

A análise do módulo de elasticidade constitui etapa fundamental para a compreensão das deformabilidades as quais os sistemas de revestimento em argamassa estão submetidos, contribuindo para a redução de um dos defeitos mais recorrentes nesses sistemas: as fissuras (Noberto, 2022).

2.6. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Um dos principais motivos que estimulam a realização de estudos nesta área é a recorrência de manifestações patológicas associadas a este tipo de revestimento, especialmente no que diz respeito às falhas de aderência e fissuração decorrente da secagem superficial da camada aplicada sobre o substrato. Moura (2007) aponta que as manifestações patológicas são causadas majoritariamente pelo inadequado tratamento da superfície do substrato, pela baixa qualidade dos materiais utilizados, pela execução inapropriada e pelas condições inadequadas de cura, além da ausência de detalhes construtivos. Fatores estes que culminam em um considerável aumento de fissuras, falhas de aderência, retração e manchas de umidade.

O desempenho de um revestimento pode ser impactado por muitas variáveis, dentre elas, o tratamento aplicado ao substrato, a preparação das camadas, os materiais utilizados, o processo de execução como também as condições de cura. No conjunto destes fatores, alguns são controláveis, como a escolha dos materiais. No entanto, outros, como as condições ambientais durante a cura, são imprevisíveis e dificultam a compreensão de como influenciam na aderência entre substrato e revestimento (MOURA, 2007).

Em diversos países, a termografia infravermelha é amplamente empregada como uma técnica não destrutiva para diagnosticar problemas em edificações. Com base nesse contexto, Freitas, Carasek e Cascudo (2014), em seu estudo propõem a aplicação da termografia na análise de manifestações patológicas associadas à temperatura em revestimentos de fachadas. O estudo em questão investigou manifestações patológicas nas fachadas dos blocos A e B das Escolas de Engenharia da Universidade Federal do Goiás, o qual relacionou o índice de fissuração com as variações de temperatura superficial. Observou-se maior incidência de fissuras na fachada norte, a qual era diretamente influenciada pela intensa insolação, enquanto a fachada sul apresentou menor índice de fissuração. Assim, a termografia infravermelha se mostrou eficaz na identificação de fissuras, permitindo correlações mais precisas entre mapeamento e imagens térmicas.

Prado e Oliveira (2021) em seu trabalho discutem a suscetibilidade à fissuração em argamassas que utilizam agregados reciclados de cerâmica vermelha, destacando que diferentes níveis de substituição podem impactar tanto as propriedades mecânicas quanto a tendência à fissuração do material. Como resultado, mostraram que nas argamassas com a

presença de RCV, quando substituto parcial do agregado miúdo em teores de 10% e 20%, não apresentaram alterações significativas quanto às resistências mecânicas, porém houve aumento da retração.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente capítulo detalha os materiais selecionados para a etapa experimental, suas principais características, bem como a metodologia empregada na condução do estudo.

Na Figura 2 são apresentados os ensaios realizados para a caracterização do agregado miúdo natural (areia), agregado reciclado com resíduo de cerâmica vermelha (RCV), fração de pó de pedra, composições geradas (areia + RCV e areia + fração de pó de pedra) e do cimento Portland.

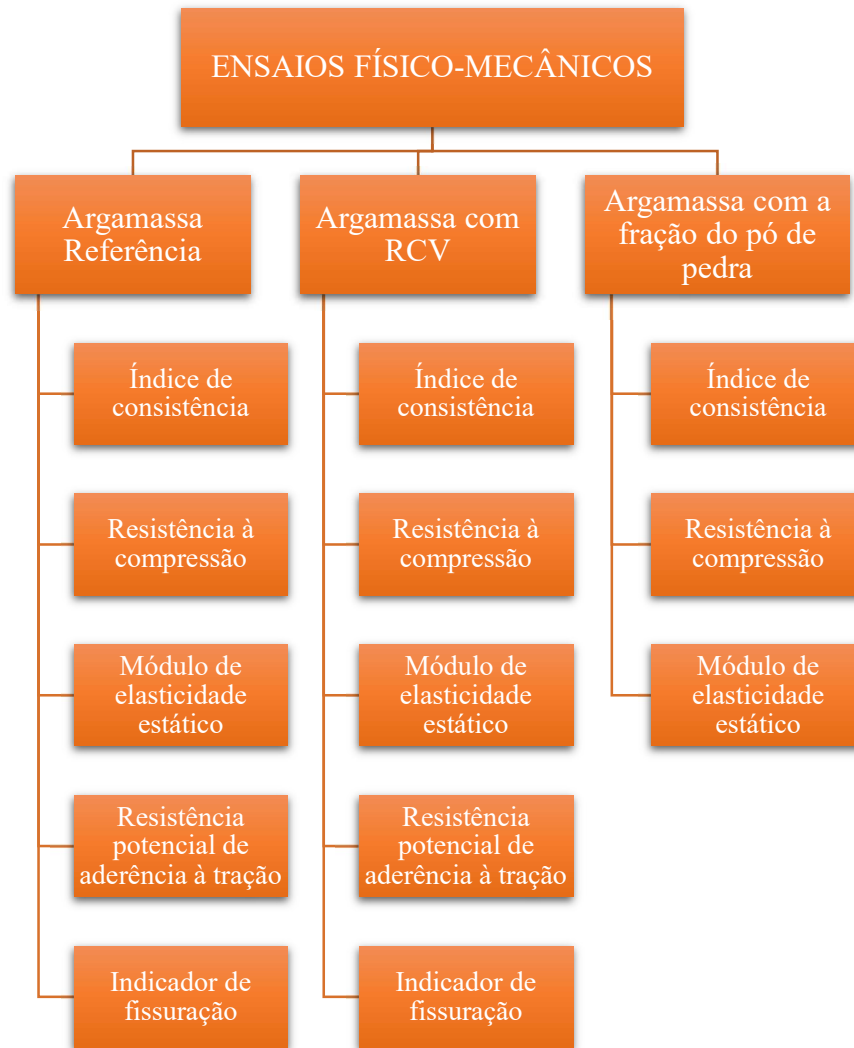
Figura 2: Fluxograma para apresentação da caracterização física dos materiais.



Fonte: Autora.

Na Figura 3 são apresentados os ensaios físico-mecânicos realizados nas argamassas de revestimento deste estudo, nos estados fresco e endurecido, conforme detalhamento apresentado no fluxograma.

Figura 3: Fluxograma para apresentação dos ensaios físico-mecânicos realizados nas argamassas.



Fonte: Autora.

No transcorrer deste capítulo, serão apresentados, de forma detalhada, os materiais utilizados e os procedimentos metodológicos adotados nos ensaios.

3.1. MATERIAIS EMPREGADOS

Na etapa de produção das argamassas destinadas aos ensaios deste trabalho, foram empregados os seguintes materiais: areia, utilizada como agregado miúdo natural; resíduo de cerâmica vermelha cominuído, aplicado como agregado reciclado; fração de pó de pedra, utilizada como substituto parcial do agregado miúdo; cimento Portland do tipo CP II – Z - 32, atuando como aglomerante; VEDALIT, empregado como aditivo plastificante; e água potável

fornecida pela EMBASA (Empresa Baiana de Saneamento), utilizada como agente de hidratação.

3.1.1. Agregado miúdo

Como agregado miúdo natural, utilizou-se areia quartzosa de leito de rio, comercializada na região de Barreiras-BA. O agregado natural foi previamente peneirado em peneira com abertura de malha de 2,36 mm, lavado para separação das impurezas, seco a temperatura ambiente por mais de 72h, e armazenado para posterior caracterização e utilização no preparo das argamassas de revestimento. A determinação da peneira de abertura de malha de 2,36 mm foi estabelecida de modo a permitir a passagem de toda a areia, ficando retido apenas as impurezas, como fragmentos de solo, pedaços de madeira, folhas, entre outros. A Figura 4 apresenta o aspecto do agregado natural empregado neste estudo.

Figura 4: Agregado miúdo natural comercializado em Barreiras-BA e utilizado no estudo.



Fonte: Autora.

3.1.2. Resíduo de cerâmica vermelha (RCV)

O agregado reciclado de cerâmica vermelha empregado nesta pesquisa foi previamente produzido conforme metodologia estabelecida em estudo anterior (Hoppe Filho *et al.*, 2025),

assegurando a padronização do material utilizado. As amostras de blocos de cerâmica vermelha danificados foram coletadas em local de estocagem destinado à comercialização em Barreiras-BA. Posteriormente, os blocos foram fragmentados manualmente com marreta até a obtenção de partículas com dimensão máxima de 30 mm (Figura 5) e, em seguida, submetidos à moagem no equipamento de abrasão Los Angeles (Figura 6), operando a 33 rpm durante 12 minutos. Subsequente à moagem, o material foi peneirado para obtenção de partículas passantes na peneira de malha de 2,36 mm e retidas na de malha de 1,18 mm, pois constatou-se a ausência destas partículas na areia comercializada na região de Barreiras. Dessa forma, essa fração foi empregada para ajustar a granulometria da areia local, resultando em um agregado artificial com melhor distribuição granulométrica. A Figura 7 apresenta o aspecto do agregado reciclado produzido empregado neste estudo.

Figura 5: Resíduo de cerâmica vermelha após fragmentação com marreta.



Fonte: Autora, 2021.

Figura 6: Aparelho de abrasão Los Angeles para moagem do RCV.



Fonte: Autora, 2021.

Figura 7: Agregado reciclado utilizado no estudo, produzido a partir de blocos de vedação danificados.

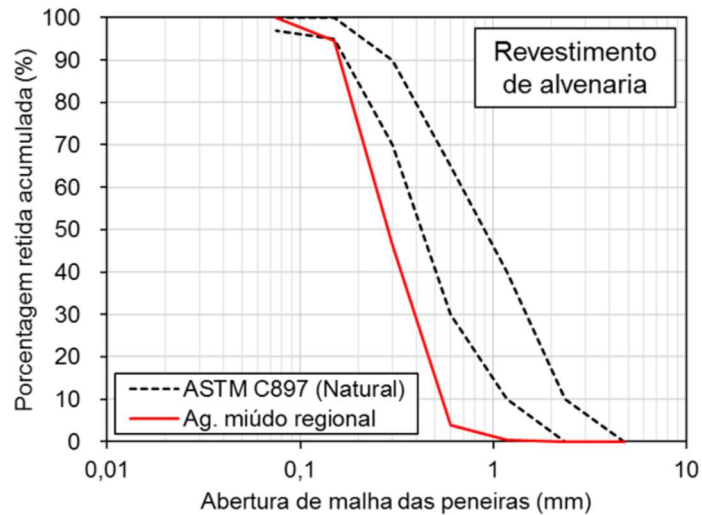


Fonte: Autora.

A justificativa da escolha das peneiras para o agregado passante e retido se dá pelo fato de que, pela ASTM C-897 (2015), o diâmetro máximo para agregado miúdo para argamassa de revestimento é de 2,36mm; e retidas na malha de 1,18mm pelo fato de o agregado miúdo regional apresentar um teor considerável de partículas abaixo dessa granulometria, como apresentado na Figura 8, onde grande parte da areia regional é passante na peneira de malha de 1,18mm. Em estudos preliminares realizados, constatou-se que a areia é

granulometricamente inapropriada para argamassa de revestimento, fazendo-se necessária sua correção granulométrica.

Figura 8: Distribuição granulométrica do agregado natural comercializado em Barreiras-BA e limites propostos na norma ASTM C 897 (2015) para agregado natural.



Fonte: Hoppe Filho *et al.* (2025).

3.1.3. Fração de Pó de Pedra

Para a obtenção da fração de pó de pedra, matéria-prima proveniente do calcário, utilizada na produção das argamassas destinadas aos ensaios de resistência à compressão e módulo de elasticidade estático, o material foi peneirado para separar partículas passantes na peneira de malha de 2,36 mm e retidas na de 1,18 mm. A Figura 9 apresenta o aspecto da fração de pó de pedra empregada neste estudo.

Figura 9: Fração de pó de pedra utilizada no estudo.



Fonte: Autora.

A justificativa da escolha das peneiras para a fração do pó de pedra passante e retida se dá pelo mesmo motivo já apresentado no item 3.1.2. A análise comparativa decorrente da utilização de agregado reciclado de RCV ou da fração do pó de pedra para a correção granulométrica do agregado miúdo natural (areia) regional visa evidenciar se há efeitos significativos, ou não, sobre o índice de consistência das argamassas, haja vista o agregado de RCV possuir considerável porosidade e, conseqüentemente, uma considerável absorção de água durante a mistura das argamassas. Também visa evidenciar os efeitos sobre a resistência à compressão nas primeiras idades e o módulo de elasticidade das argamassas aos 28 dias.

3.1.4. Cimento Portland

Na produção das argamassas estudadas, utilizou-se o cimento CP II – Z, classe 32, da marca Ciplan, ou seja, um Cimento Portland composto com material pozzolânico, conforme a NBR 16697 (ABNT, 2018) – Cimento Portland – Requisitos. A opção por este tipo de cimento foi pautada na disponibilidade regional e, sobretudo, por ser um cimento adequado para a execução de argamassas de revestimento.

3.1.5. Aditivo plastificante

O aditivo plastificante é um componente químico promotor de trabalhabilidade utilizado em argamassas. O produto empregado neste trabalho foi o VEDALIT que, conforme apresentado pela VEDACIT, é um aditivo concentrado à base de resinato de sódio, com

densidade de 1,03 g/cm³. Quando diluído na água de amassamento, proporciona maior aderência, acabamento superior e menor exsudação (VEDACIT, 2024). Segundo o fabricante, argamassas preparadas com VEDACIT VEDALIT não necessitam ser curtidas, reduz fissuras e otimiza o consumo de materiais. Além disso, pode ser utilizado tanto em argamassas de assentamento quanto de revestimento, respeitando proporções recomendadas e boas práticas conforme normas técnicas da ABNT. Utilizou-se o aditivo na dosagem de 0,2% sobre a massa do cimento, conforme recomendações do fabricante. Aditivo comercial, comumente utilizado regionalmente, sem ligação direta com o objeto de estudo da pesquisa.

3.1.6. Água

A água utilizada neste estudo foi proveniente do sistema público de abastecimento da cidade de Barreiras – BA, sob responsabilidade da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA).

3.2. METODOLOGIA

Para o trabalho em questão, utilizou-se como substrato blocos cerâmicos de vedação, de dimensões 19x19x9cm, sem chapisco e, posteriormente, aplicou-se uma camada de massa única (NBR 13529, ABNT, 2013).

Figura 10: Bloco cerâmico utilizado como substrato no estudo.



Fonte: Autora.

3.2.1. Proporções de mistura

Com base na pesquisa de Hoppe Filho *et al.* (2025), da qual a autora integrou a equipe executora, foram utilizados neste trabalho as proporções de mistura, em massa, de 1,0:4,5 (aglomerante:agregado) para a argamassa referência (utilização do agregado miúdo comercializado regionalmente) e a proporção de 1,0:6,0 para as argamassas com adição de RCV ou fração de pó de pedra para a correção da granulometria da areia local. A escolha destas proporções se deve ao fato de que, segundo o artigo desenvolvido na UFOB, pela autora, as propriedades mecânicas estudadas (resistências à compressão e à tração) nas proporções 1,0:4,5 da referência e 1,0:6,0 da argamassa com RCV apresentaram valores próximos. Assim, com respaldo no estudo acima citado e testes preliminares realizados, chegou-se às seguintes proporções de mistura finais, dispostos na Tabela 3.

Tabela 3: Traços unitários, em massa, utilizados no presente trabalho.

Mistura	Cimento	Agregado miúdo	Areia natural	RCV	Pó de pedra	Aditivo (%)	Relação a/c
Referência	1,0	4,5	4,5	-	-	0,2	0,80
RCV	1,0	6,0	3,9	2,1	-	0,2	1,12
Pó de pedra	1,0	6,0	3,9	-	2,1	0,2	0,88

Fonte: Autora.

3.2.2. Caracterização física do agregado reciclado (RCV) e do agregado miúdo natural (areia)

Para este trabalho, foram realizados ensaios de caracterização dos agregados natural e reciclado, sendo eles: massa específica (frasco de Chapman), massa unitária nos estados solto e compactado através da NBR 16972 (ABNT, 2021) – Agregados – Determinação da massa unitária e do índice de vazios e distribuição granulométrica seguindo a NBR 17054 (ABNT, 2022) – Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Além disso, para o agregado reciclado de RCV também se determinou a absorção capilar de água após imersão durante 24 horas (Hoppe Filho *et. al*, 2025).

3.2.2.1. Massa Específica (frasco de Chapman) para agregados

A massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis. O ensaio de massa específica, para este trabalho, foi feito com o auxílio do Frasco de Chapman (Figura 11), realizado em duplicata, com amostras de 500g e 150g para a areia e o RCV, respectivamente. Primeiro, colocou-se água no frasco até a marca de 200 cm³ para a areia e 375 cm³ para o RCV, deixando-o em repouso, para que a água aderida às faces internas do frasco escorressem totalmente; em seguida introduziu-se no frasco, cuidadosamente, com o auxílio de um funil com uma mangueira na ponta, a respectiva amostra de agregado miúdo seco para ensaio, e, posteriormente, realizou-se a leitura do nível

atingido pela água no gargalo do frasco, indicando o volume final, em cm³, ocupado pelo conjunto água + agregado miúdo.

Figura 11: Massa específica da areia pelo frasco de Chapman.



Fonte: Autora.

Os cálculos de massa específica pelo frasco de Chapman foram feitos para os agregados miúdo (areia) e reciclado (RCV). Utilizou-se a seguinte fórmula:

$$me = \frac{m}{V_f - V_a}$$

Onde:

me é a massa específica, em gramas por centímetros cúbicos;

m é a massa da amostra seca, em gramas;

V_f é o volume final de água no frasco, em centímetros cúbicos;

V_a é o volume inicial de água no frasco, em centímetros cúbicos.

Os resultados deste ensaio encontram-se no capítulo 4.

3.2.2.2. Massa unitária nos estados solto e compactado (NBR 16972:2021)

Para os ensaios de massa unitária nos estados solto e compactado dos agregados miúdos estudados (areia e RCV), seguiu-se os preceitos da norma brasileira NBR 16972 (ABNT, 2021) – Agregados – Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Os resultados destes ensaios encontram-se no capítulo 4.

3.2.2.3. Determinação da composição granulométrica dos agregados miúdos (NBR 17054:2022)

Para a determinação da composição granulométrica dos agregados miúdos estudados (areia, fração de pó de pedra e RCV), seguiu-se os preceitos da norma brasileira NBR 17054 (ABNT,2022) – Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio, com auxílio de agitador mecânico (Figura 12). As amostras ensaiadas, em duplicata, da areia, da fração do pó de pedra e do RCV foram, respectivamente, de 300g, 300g e 500g, respeitando a amostra mínima exigida em norma.

Figura 12: Agitador mecânico para determinação da composição granulométrica de agregados miúdos.



Fonte: Autora.

Os respectivos resultados com as curvas da composição granulométrica encontram-se no capítulo 4.

3.2.3. Determinação da composição granulométrica – Composição de Areia + RCV

A partir de análise experimental do agregado natural (areia), ficou evidente que o mesmo era demasiadamente fino para a utilização em argamassas de revestimento. Assim, a partir do agregado reciclado de RCV, foi estabelecida, a princípio teoricamente, uma composição entre o agregado natural e o reciclado para que a distribuição granulométrica resultante estivesse contida nos limites da norma C897 (ASTM, 2015). A composição resultante foi de 65% de agregado natural (areia) mais 35% de agregado reciclado de RCV (Hoppe Filho *et al.*, 2025). O mesmo ocorreu para a composição com a fração do pó de pedra. As composições foram submetidas, neste trabalho, aos ensaios de distribuição granulométrica para confirmação dos resultados teóricos e seus resultados estão apresentados no capítulo 4.

3.2.4. Massa específica do cimento (NBR 16605:2017)

Para a massa específica do cimento Portland CP II Z – 32, seguiu-se os preceitos da norma NBR 16605 (ABNT, 2017) – Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica, que padroniza o uso do frasco de Le Chatelier para medir a massa específica do cimento Portland, garantindo uma maior precisão nos ensaios laboratoriais.

3.2.5. Preparação das argamassas e corpos de prova

O preparo das argamassas foi realizado em laboratório, em conformidade com a NBR 16541 (ABNT, 2016) – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura para a realização de ensaios, com auxílio de uma argamassadeira automática (Figura 13).

Figura 13: Argamassadeira automática - AMC.



Fonte: Autora.

A moldagem dos corpos de prova (Figura 14) a serem utilizados nos ensaios de resistência à compressão e módulo de elasticidade estático seguiu a NBR 7215 (ABNT, 2019) – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.

Figura 14: Moldagem dos corpos de prova cilíndricos Ø5cm x 10cm para ensaios.



Fonte: Autora.

Decorridas 24 horas da moldagem, os corpos de prova foram desmoldados e postos em cura submersa em água saturada com cal até as idades dos ensaios (3, 7 e 28 dias), para evitar a evaporação da água utilizada no amassamento e garantir a correta hidratação do cimento. Com exceção dos blocos cerâmicos rebocados para extração dos corpos de prova para os ensaios de resistência potencial de aderência à tração, aos 28 dias, que não foram postos em cura, ou seja, foram mantidos em ambiente laboratorial até a idade dos ensaios, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15: Blocos cerâmicos rebocados para extração dos corpos de prova para os ensaios de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

3.2.6. Ensaio no Estado Fresco

No estado fresco, realizou-se, nas argamassas referência, com RCV e com fração do pó de pedra, a determinação do índice de consistência, com auxílio da mesa de consistência (*flow table*) (Figura 16) em conformidade com a norma NBR 13276 (ABNT, 2016) – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência, buscando atender a consistência normal de 260 ± 5 mm de espalhamento.

Figura 16: Mesa para determinação do índice de consistência (*flow table*).



Fonte: Autora.

A Figura 17 apresenta a realização do ensaio em uma das argamassas de revestimento contendo RCV na composição do agregado miúdo deste estudo.

Figura 17: Índice de consistência da argamassa com RCV, pré e pós a aplicação dos impactos.



Fonte: Autora.

3.2.7. Ensaio no Estado Endurecido

Para análise das argamassas de revestimento no estado endurecido, foram realizados os seguintes ensaios:

3.2.7.1. Resistência à compressão

Para os ensaios de resistência à compressão, foram rompidos 4 corpos de prova cilíndricos, de dimensões $\varnothing 5 \times 10$ cm, previamente retificadas suas faces superiores e inferiores (Figura 18), em conformidade com a NBR 7215 (ABNT, 2019) para cada idade: 3, 7 e 28 dias. O equipamento utilizado foi uma máquina universal EMIC, modelo DL 30000. Os resultados, apresentados no capítulo seguinte, correspondem à média do rompimento de 4 corpos de prova para cada idade.

Figura 18: Corpos de prova retificados para ensaio de resistência à compressão.



Fonte: Autora.

3.2.7.2. Módulo de elasticidade estático

O ensaio para a determinação do módulo de elasticidade foi realizado paralelamente ao ensaio de resistência à compressão, aos 28 dias, com corpos de prova cilíndricos de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura, com o auxílio de um deflectômetro (Figura 19) que mede a deformação em função da carga aplicada no corpo de prova ao longo do tempo, até atingir uma deformação pré-estabelecida. A determinação do módulo de elasticidade foi realizada a partir das deformações associadas às tensões de 0,5 MPa e de 30% da resistência à compressão do corpo de prova correspondente. As deformações decorrentes do carregamento

foram medidas por meio de um deflectômetro acoplado às laterais dos corpos de prova. O módulo de elasticidade estático é o coeficiente angular da reta que passa entre os pontos inicial e final.

Figura 19: Execução do ensaio de módulo de elasticidade com o deflectômetro acoplado ao corpo de prova.



Fonte: Autora.

3.2.7.3. Resistência potencial de aderência à tração

Os ensaios para determinação da resistência potencial de aderência à tração foram realizados conforme a norma NBR 15258 – Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração (ABNT, 2021), aos 28 dias de idade, para as argamassas produzidas neste trabalho (referência e com RCV).

Para execução do revestimento dos blocos cerâmicos para extração dos corpos de prova para ensaio de resistência potencial de aderência à tração, utilizou-se um molde de madeira, no qual cada bloco foi encaixado individualmente, conforme mostrado na Figura 20.

Figura 20: Bloco cerâmico encaixado no molde de madeira.



Fonte: Autora.

O molde de madeira, envolvido ao bloco cerâmico, foi posicionado no centro de uma estrutura, também de madeira (Figura 21), para garantir a padronização do lançamento vertical da argamassa no substrato.

Figura 21: Estrutura de madeira para lançamento da argamassa.



Fonte: Autora.

O bloco, com superfície seca, foi colocado no molde de madeira, em posição horizontal, e, com o auxílio de uma concha, a argamassa foi depositada na parte superior da estrutura, servindo como ponto de lançamento para aplicação no substrato. A argamassa foi vertida a uma altura aproximada de 55 cm, da parte superior da estrutura à superfície do substrato, simulando o procedimento comumente seguido em obra.

Para estimar a força de impacto do lançamento da argamassa, considerou-se o volume da concha de aproximadamente $V \approx 0,00157 \text{ m}^3$; e com as massas específicas dos materiais já encontradas, resultou em uma massa aproximada de 3,79 Kg de argamassa por concha. A velocidade de impacto da argamassa em queda livre pôde ser obtida através da seguinte equação:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,55 \text{ m}} \approx 3,29 \text{ m/s}$$

Levando em consideração que a espessura da argamassa após a primeira concha vertida no substrato foi de 15mm ($d = 0,015 \text{ m}$), pôde-se estimar a força média de lançamento:

$$F_{\text{média}} = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot d} = \frac{3,79 \cdot 3,29^2}{2 \cdot 0,015} \approx 1,39 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{\text{média}} \approx 1,39 \text{ kN}$$

Em seguida, empregou-se uma desempenadeira para sarrafear o cobrimento do bloco, sendo os moldes de madeira utilizados como referência na finalização do revestimento (Figura 22). Esses moldes atuaram como limite superficial para garantir o cobrimento integral e, simultaneamente, controlar a espessura da camada, uma vez que sua altura em relação à face do bloco já indicava o nível de 2 cm estabelecido na NBR 15258 (ABNT, 2021).

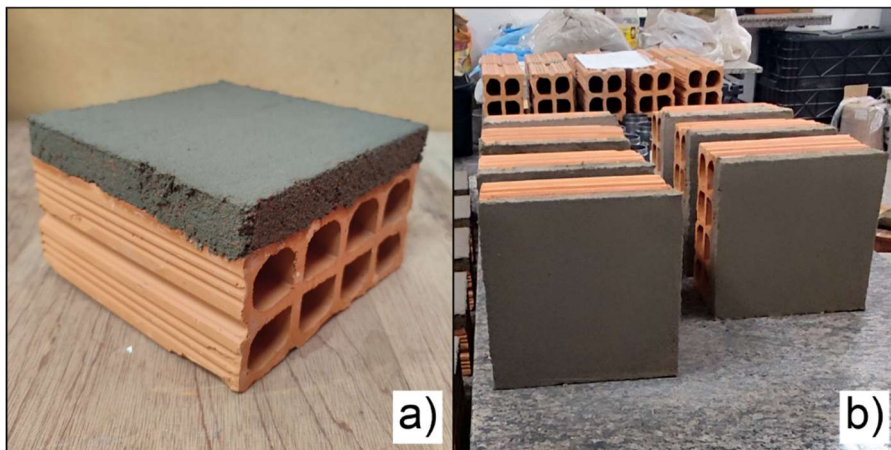
Figura 22: Bloco cerâmico revestido no molde de madeira.



Fonte: Autora.

Após revestidos, os blocos foram retirados do molde de madeira e, após cerca de uma hora, foram postos em posição vertical, onde permaneceram expostos à temperatura ambiente, sem cura submersa, até a idade de 28 dias (Figura 23).

Figura 23: a) bloco cerâmico retirado do molde b) bloco em posição vertical após a aplicação do revestimento.

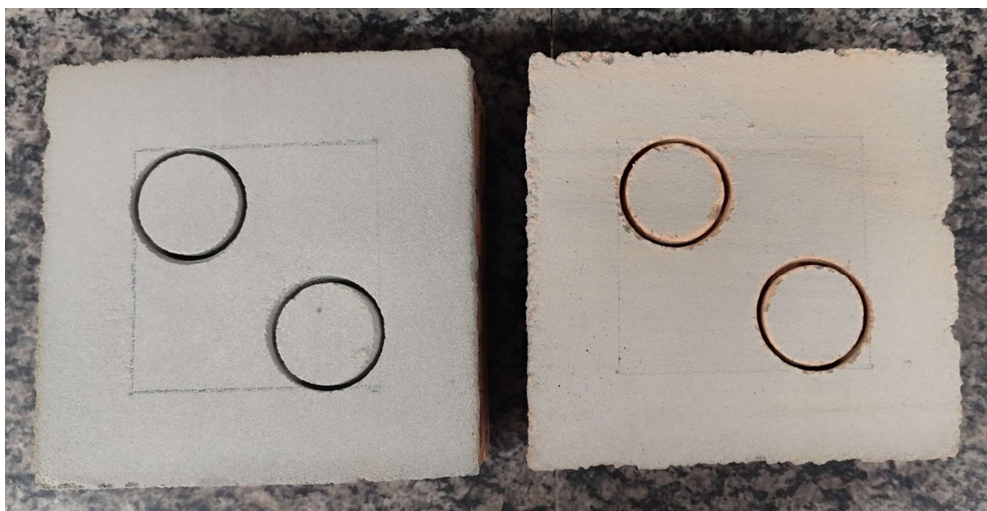


Fonte: Autora.

Aos 25 dias, 3 dias antes dos ensaios, executou-se os cortes delimitando os corpos de prova nos blocos revestidos. Os cortes foram executados a seco, com o auxílio de uma serra copo, com profundidade aproximada de até 1mm dentro do substrato e respeitando as distâncias

mínimas solicitadas na NBR 15258 (ABNT, 2021) de 40 mm das bordas e 20 mm entre si (Figura 24). Na execução do corte, procedeu-se à delimitação dos corpos de prova respeitando a profundidade aproximada de 1 mm dentro do substrato, como solicitado na NBR 15258 (ABNT, 2021).

Figura 24: Cortes delimitando os corpos de prova.



Fonte: Autora.

O equipamento de tração para utilização no ensaio é descrito na NBR 13528-1: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas — Determinação da resistência de aderência à tração Parte 1: Requisitos gerais (ABNT, 2019) como um dinamômetro de tração que permita a aplicação contínua de carga, de fácil manuseio, baixo peso, dotado de dispositivo para leitura de carga, que apresente um erro máximo de 2 %, devendo este assegurar a aplicação da carga centrada e ortogonal ao plano do revestimento, com três pontos de apoio ajustáveis. O equipamento utilizado foi um aparelho para arrancamento hidráulico manual, para argamassas, com indicação digital de força e memória de pico, com capacidade 1500 kgf e está apresentado na Figura 25.

Figura 25: Aparelho para arrancamento hidráulico manual, para argamassas.



Fonte: Autora.

A pastilha utilizada no ensaio é especificada na ABNT NBR 13528-1 (ABNT, 219) como uma peça metálica circular, não deformável sob a carga do ensaio, de seção circular, com (50 ± 1) mm de diâmetro, com dispositivo no centro para o acoplamento do equipamento de tração (Figura 26).

Figura 26: Pastilha circular metálica para ensaio de aderência da argamassa.



Fonte: Autora.

A colagem das pastilhas foi realizada de forma centrada no corpo de prova previamente delimitado pelo corte, conforme especificações da NBR 15258 (ABNT, 2021). Inicialmente, a superfície foi limpa com pincel de cerdas macias para remoção de partículas

soltas. Em seguida, aplicou-se a cola com espátula sobre a face de colagem da pastilha metálica, garantindo espalhamento uniforme. A pastilha foi posicionada e pressionada de modo a assegurar o extravasamento controlado da cola, respeitando a espessura máxima de 5 mm. O excesso foi removido cuidadosamente com espátula, preservando a integridade do revestimento, e aguardou-se o tempo de secagem indicado pelo fabricante antes da execução do ensaio.

3.2.7.4. Indicador de fissuração

Para determinação do Indicador de Fissuração das argamassas referência e com RCV a serem ensaiadas neste trabalho, desenvolveu-se um corpo de prova de argamassa em formato de um anel, produzido com o auxílio de duas fôrmas de diâmetros internos de 27,5 cm e 23,5 cm aproximadamente, conforme Figura 27. O anel, através da retração, possibilita visualizar possíveis fissurações. Após 24h da moldagem do anel de argamassa, retirou-se a fôrma externa do anel e, em seguida, foi colocado em estufa a uma temperatura de 80°C e acompanhado regularmente a aparição de fissuras.

Figura 27: Anel de argamassa produzido para medir o indicador de fissuração em argamassas.



Fonte: Autora.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados e discutidos os principais resultados obtidos a partir da aplicação dos métodos descritos anteriormente.

4.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS AGREGADOS MIÚDOS E AGLOMERANTE

Os ensaios de caracterização dos agregados natural e reciclado realizados no estudo foram: massa específica (frasco de Chapman), massa unitária nos estados solto e compactado (NBR 16972:2021) e composição granulométrica (NBR 17054:2022). Para a massa específica do cimento, seguiu-se os preceitos da NBR 16605 (ABNT, 2017). Com exceção das composições granulométricas, os resultados encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados da caracterização dos materiais.

Ensaio	Agregado	Resultado
Massa unitária - solto	Areia	1,586 kg/dm ³
	RCV	1,083 kg/dm ³
Massa unitária - compactado	Areia	1,649 kg/dm ³
	RCV	1,116 kg/dm ³
Massa específica	Areia	2,63 kg/dm ³
	RCV	2,48 kg/dm ³
	Cimento CP II Z 32	3,00 g/cm ³

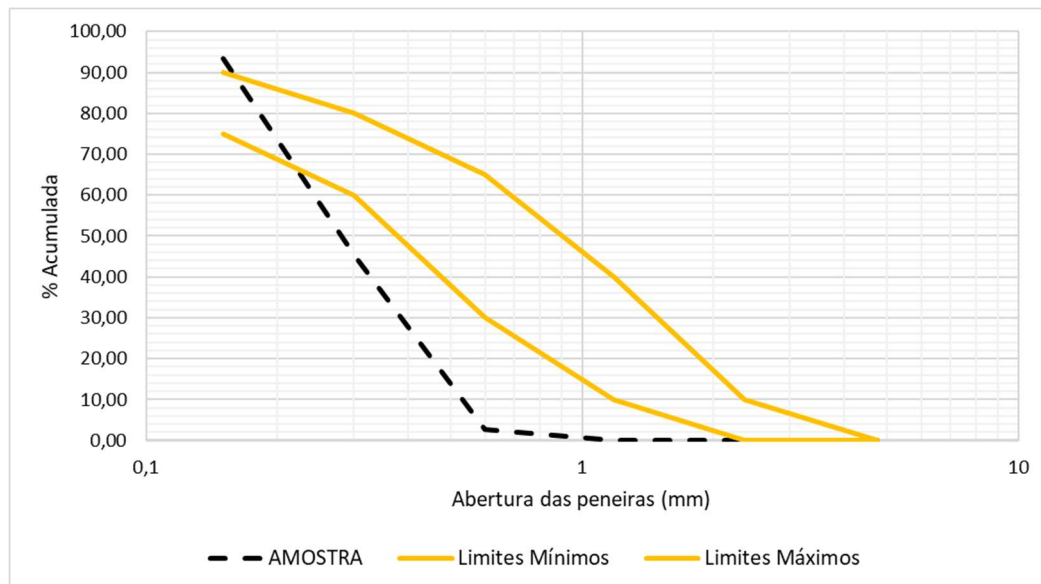
Fonte: Autora.

4.2. DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS E PROPORÇÃO DE RCV NA MISTURA

De acordo com a Figura 28, o agregado natural comercializado em Barreiras-Ba é inadequado para argamassas de revestimento conforme os limites da ASTM C897, necessitando de correção da granulometria para que as argamassas resultantes estejam mais apropriadas para a execução de revestimento de alvenarias. Constatou-se a carência de partículas com dimensões de 1,18 e 2,36 mm, a serem supridas pelo agregado reciclado de

RCV. A dimensão máxima característica do agregado natural foi de 0,60 mm e o módulo de finura igual a 1,45.

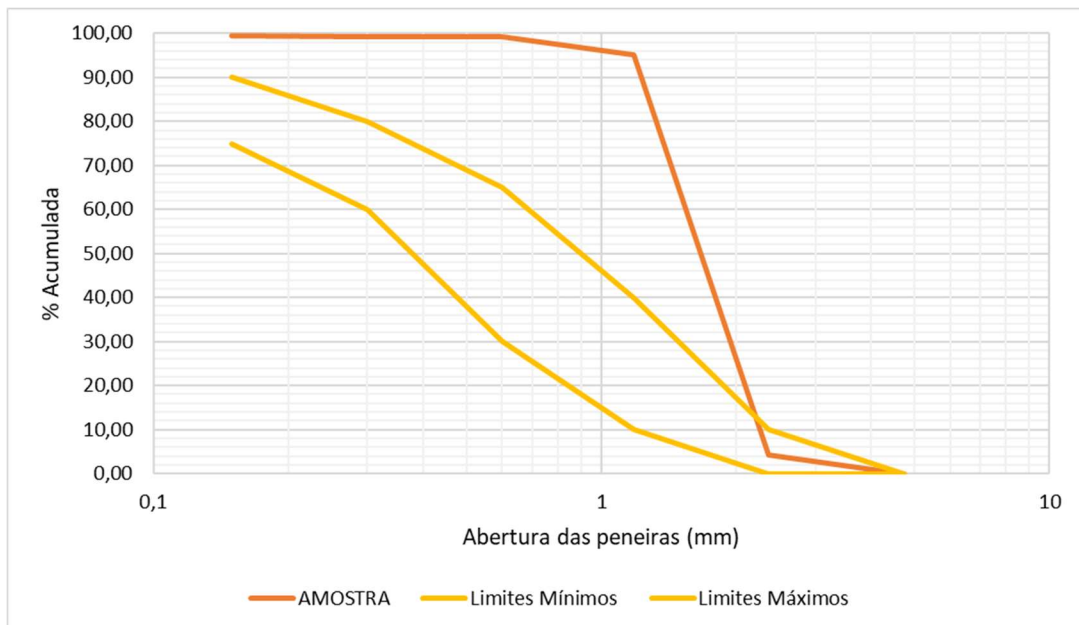
Figura 28: Distribuição granulométrica do agregado natural e limites propostos na norma ASTM C897 para agregado natural para argamassa de revestimento.



Fonte: Autora.

A Figura 29 e a Figura 30 apresentam as distribuições granulométricas do agregado reciclado de RCV e da fração do pó de pedra, além dos limites da norma ASTM C897 para agregados artificiais para argamassas de revestimento.

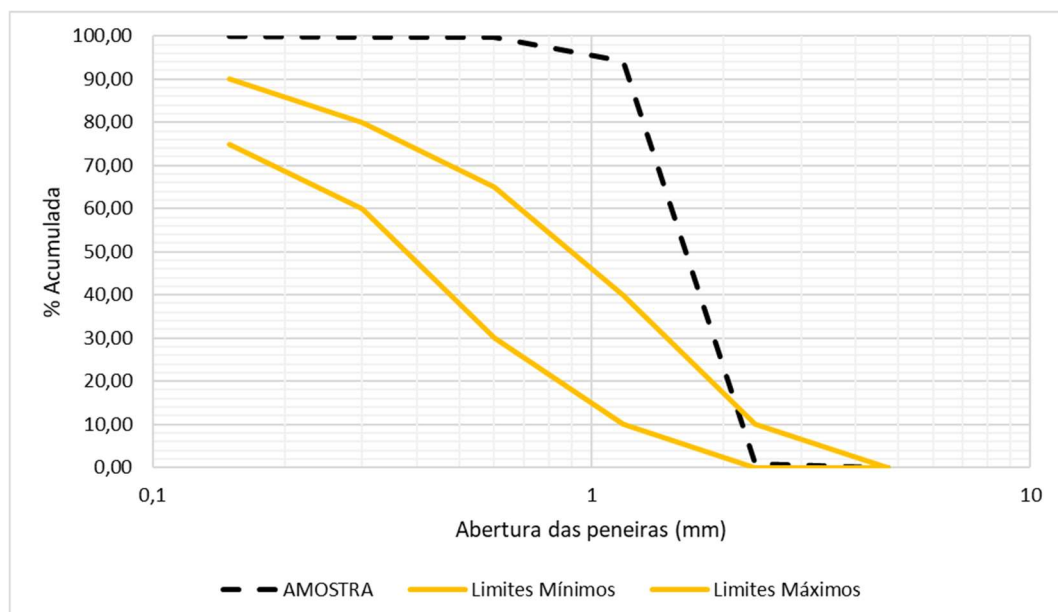
Figura 29: Distribuição granulométrica do agregado reciclado de RCV e limites propostos na norma ASTM C897 para agregado para argamassa de revestimento.



Fonte: Autora.

O agregado reciclado de RCV apresentou dimensão máxima característica de 2,36 mm e módulo de finura igual a 3,97.

Figura 30: Distribuição granulométrica da fração de pó de pedra e limites propostos na norma ASTM C897 para agregado para argamassa de revestimento.



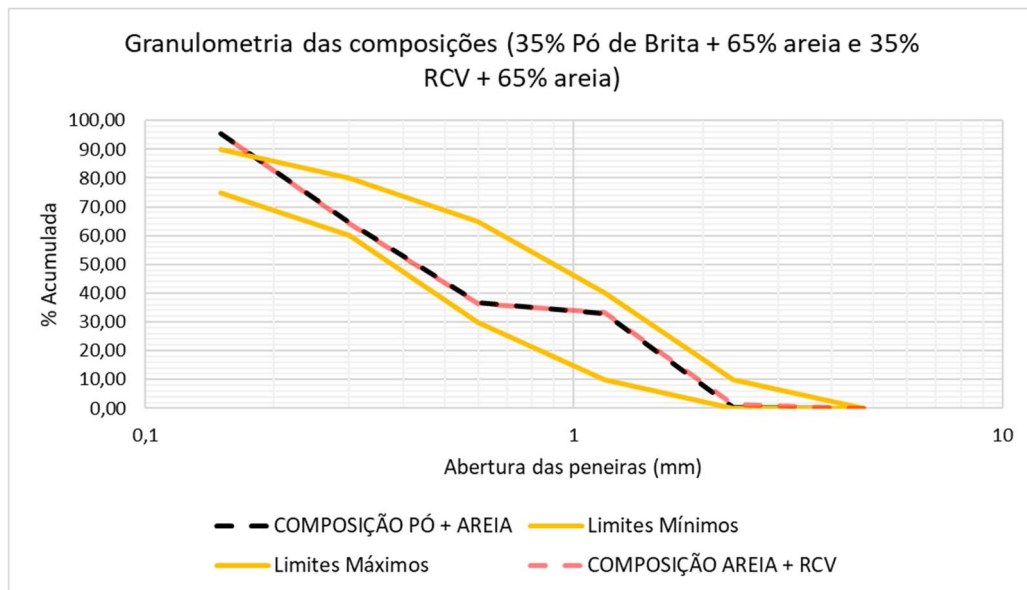
Fonte: Autora.

A fração do pó de pedra apresentou dimensão máxima característica de 2,36 mm e módulo de finura igual a 3,94.

No estudo de Hoppe Filho *et al.* (2025), com base na distribuição granulométrica e a porcentagem de massa retida acumulada de cada agregado (areia e RCV) já obtidas experimentalmente, pôde-se, através do *software* Microsoft Excel, determinar a composição por meio de variação na proporção entre os agregados até a obtenção do enquadramento nos limites mínimos e máximos da ASTM C897. A distribuição granulométrica obtida teoricamente foi de 65% de areia e 35% de RCV. Com a composição obtida teoricamente, realizou-se o ensaio de distribuição granulométrica da composição para verificação. A curva da distribuição granulométrica obtida experimentalmente de 65% de areia e 35% de RCV consta na Figura 31 e, quando comparada à teórica, os valores são muito próximos. Com a areia fina comercializada na região abaixo dos limites normativos mais o agregado reciclado de RCV produzido acima dos limites normativos, pôde-se corrigir a granulometria desse agregado natural para sua utilização em argamassas de revestimento.

As composições de agregado natural com reciclado de RCV e agregado natural com a fração do pó de pedra, na proporção de mistura de 65% e 35%, respectivamente, resultaram nas distribuições granulométricas apresentadas na Figura 31. Observa-se uma adequada concordância com os limites estabelecidos pela norma ASTM C897 para agregados destinados a argamassas de revestimento. Contudo, verifica-se uma divergência mais expressiva na fração correspondente às partículas de 0,15 mm, em razão da predominância desta dimensão no agregado natural. Assim, mesmo após a correção granulométrica, permanece um excesso de partículas de 0,15 mm na composição.

Figura 31: Distribuições granulométricas das composições e limites propostos na norma ASTM C897 para agregado artificial para argamassa de revestimento.



Fonte: Autora.

4.3. ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA (NBR 13276 (ABNT, 2016))

Os índices médios de consistência das argamassas de revestimento são apresentados na Tabela 5, onde as misturas se mantiveram na faixa pré-estabelecida de 260 ± 5 mm, com exceção da mistura com a fração do pó de pedra. Com isso, as análises das propriedades no estado endurecido baseiam-se em argamassas de consistência muito próximas, variando apenas quanto à utilização do agregado reciclado de RCV ou pó de pedra. A relação água/cimento (a/c) na mistura está diretamente proporcional ao índice de consistência, ou seja, quanto maior a relação a/c , maior o índice de consistência. Como já esperado, e devido a absorção de água do RCV, a argamassa com o resíduo reciclado demandou maior quantidade de água para amassamento, o que implicou em uma relação a/c e, conseqüentemente, maior índice de consistência.

Tabela 5: Índice de consistência das argamassas de revestimento.

Identificação	Traço em massa	a/c	Índice de Consistência (mm)
Referência 1,0:4,5	1,0:4,5	0,80	255
35% RCV 1,0:6,0	1,0:6,0*	1,12	261
35% Fração pó de pedra 1,0:6,0	1,0:6,0*	0,88	248

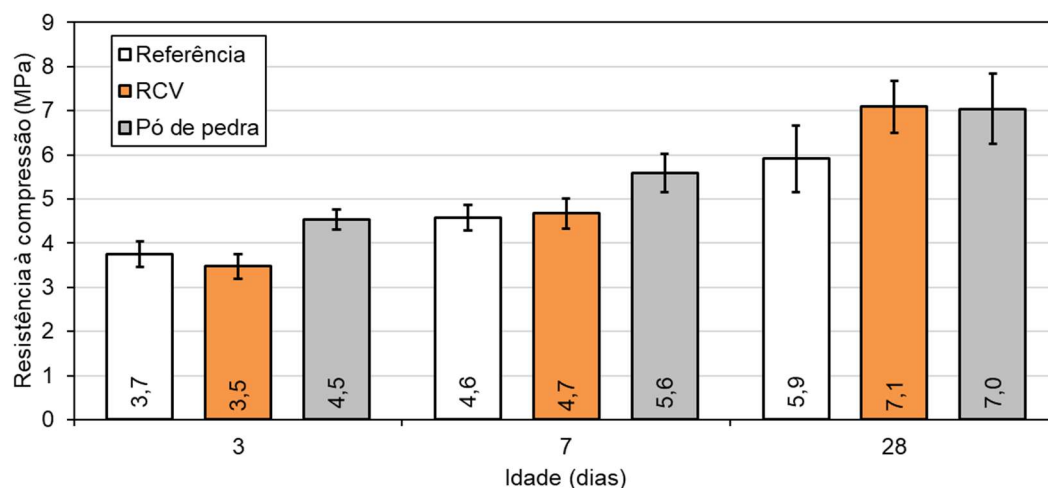
* Os teores totais de agregados (6,0) destas argamassas foram compostos por 65% de areia natural e 35% de agregado reciclado (RCV ou fração do pó de pedra), o que representa, na proporção de mistura unitária, a composição de 3,9 kg de areia natural e 2,1 kg de agregado artificial

Fonte: Autora.

4.4. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (NBR 7215 (ABNT, 2019))

As evoluções das resistências à compressão das argamassas são apresentadas na Figura 32. É perceptível o aumento da resistência à compressão na presença de agregado reciclado de RCV e da fração de pó de pedra.

Figura 32: Evolução da resistência à compressão das argamassas.



Fonte: Autora.

Segundo o estudo de Dang *et al.* (2018), a resistência à compressão da argamassa é determinada pela relação água/cimento efetiva da pasta. Como mostrado na pesquisa de Hoppe Filho *et al.* (2025), a absorção de água do agregado reciclado de RCV, de 13,9%, interferiu nas propriedades físico-mecânicas das argamassas em decorrência da menor relação

água/cimento efetiva, o que explica o aumento da resistência em argamassas com RCV com uma relação a/c de mistura maior quando comparadas às referências.

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão demonstraram que as argamassas com agregado reciclado de RCV e fração do pó de pedra suportam o aumento do teor de agregado sem perda significativa de desempenho, garantindo valores adequados para sua utilização em revestimentos. Com isso, permite reduzir o consumo de cimento, além de favorecer a correta destinação do RCV.

4.5. MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO

Os valores resultantes dos ensaios de módulo de elasticidade estático das argamassas referência, com substituição parcial por RCV e com substituição parcial por pó de pedra encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6: Módulo de elasticidade estático das argamassas.

Argamassa	a/c	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de elasticidade estático (GPa)
Referência 1,0:4,5	0,80	5,9	13,6
35% RCV 1,0:6,0	1,12	7,1	13,5
35% Fração pó de pedra 1,0:6,0	0,88	7,0	15,9

Fonte: Autora.

Observou-se um aumento de resistência nos traços com maior teor de agregado (1,0:6,0), com destaque para o módulo de elasticidade estático mais alto na mistura com fração de pó de pedra. A argamassa com a fração de pó de pedra apresentou o maior módulo (15,9 GPa), coerente com uma matriz mais densa e melhor contato pasta-agregado, o que aumenta a rigidez global. Já para as argamassas referência e a 35% RCV, ficaram praticamente iguais (13,6 e 13,5 GPa), sugerindo que, apesar do ganho de resistência da argamassa com RCV, sua rigidez não aumentou, possivelmente por maior porosidade decorrente da absorção de água do RCV.

4.6. RESISTÊNCIA POTENCIAL DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO (NBR 15258 (ABNT, 2021))

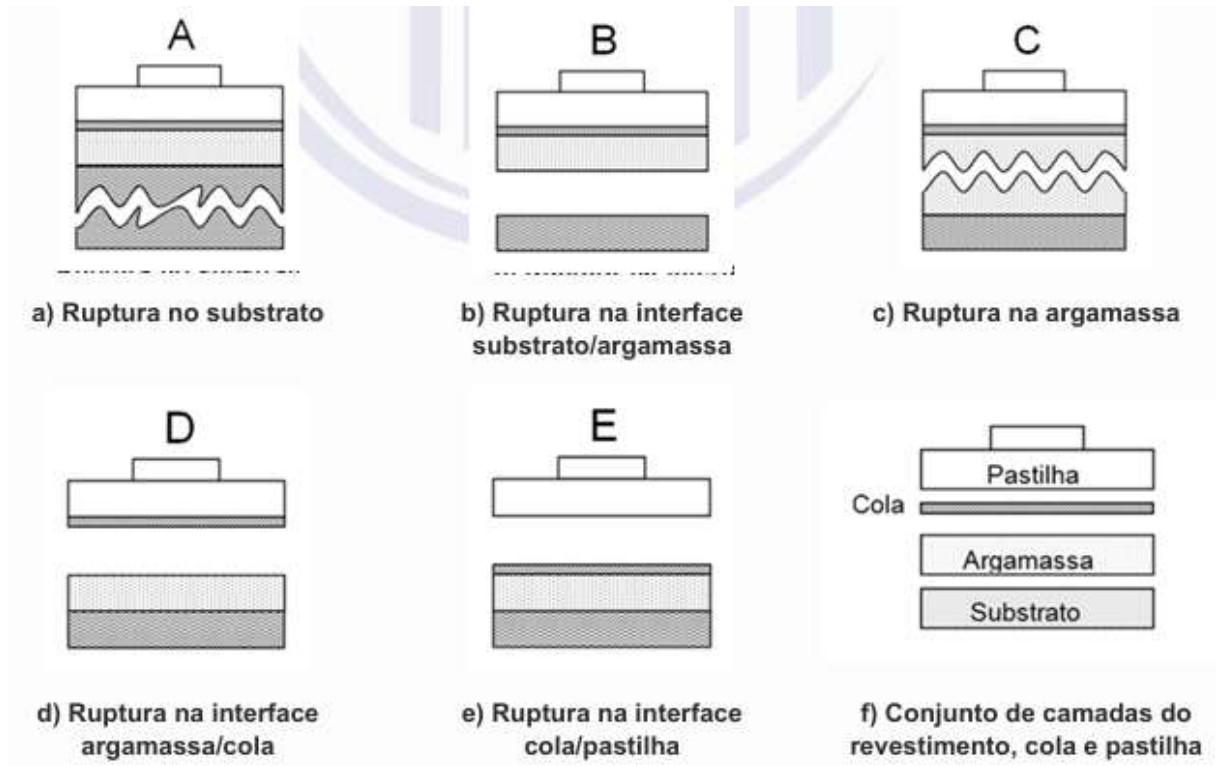
Para os ensaios de resistência potencial de aderência à tração, optou-se por seguir com o substrato sem chapisco prévio. Visto que, por norma, não há menção à aplicação de chapisco como preparação da superfície. Pelo contrário, o substrato deve estar livre de partículas soltas; isento de óleo, tinta, gordura ou qualquer contaminação; e com superfície exposta por pelo menos 48 horas em condições ambientais de laboratório. Tal medida objetiva garantir que a aderência medida seja exclusivamente da argamassa de revestimento ao substrato, sem interferência de tratamentos adicionais como o chapisco, que poderiam alterar os resultados do ensaio. Porém, é importante salientar que, para a execução de sistemas de argamassa de revestimento em campo, a aplicação do chapisco se faz necessária para garantir a correta aderência do emboço ou massa única ao substrato.

O item 7.2 da NBR 15258 (ABNT, 2021), dispõe que os substratos revestidos devem permanecer durante as primeiras 24h na posição horizontal e nas condições ambientais de laboratório. Para este estudo, os substratos de bloco cerâmico, sem aplicação de chapisco, permaneceram na posição horizontal apenas na primeira hora após o lançamento das argamassas, visando uma maior proximidade das condições reais de um revestimento externo; após 1h, os substratos foram dispostos na posição vertical (Figura 23), caracterizando a simulação do pior caso possível para revestimentos externos, onde permaneceram, em condições laboratoriais, até a data de ensaio (28 dias).

Com auxílio do paquímetro, determinou-se os diâmetros dos corpos de prova, para o cálculo de suas respectivas áreas. O diâmetro (\emptyset , em mm) obtido corresponde à média de três determinações tomadas de pontos uniformemente distribuídos ao longo do perímetro. A área da seção transversal (A , em mm^2) de cada corpo de prova foi calculada em milímetros quadrados. Examinou e registrou-se as formas de ruptura de cada corpo de prova, com seus respectivos percentuais, conforme item 8.1.1 da NBR 15258 (ABNT, 2021).

A Figura 33 apresenta as possíveis formas de ruptura dos corpos de prova, com suas denominações.

Figura 33: Exemplos de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração ao substrato e esquema do conjunto de camadas (revestimento, cola e pastilha).



Fonte: NBR 15258 (ABNT, 2021).

Através da análise visual, foram geradas as porcentagens das formas de ruptura de capa corpo de prova.

A resistência potencial de aderência à tração de cada corpo de prova foi calculada pela seguinte equação:

$$R_a = \frac{F}{A}$$

Onde:

R_a é a resistência potencial de aderência à tração, expressa em megapascals (MPa);

F é a força de ruptura, expressa em newtons (N);

A é a área do corpo de prova, expressa em milímetros quadrados (mm²).

Para as argamassas de revestimento referência, de proporção unitária de 1,0:4,5:0,80, em massa, e com o RCV, no traço unitário em massa de 1,0:6,0:1,12, foram ensaiados 10 corpos de prova por argamassa, sendo 2 corpos de prova por bloco cerâmico, dispostos na Tabela 7 e

na Tabela 8, porém, como previsto na norma NBR 15258 (ABNT, 2021), desconsiderou-se os valores que se afastaram $\pm 30\%$ da resistência potencial média de aderência à tração, resultando em seis valores válidos para a argamassa referência e sete para a argamassa com RCV. Os valores em vermelho são referentes aos valores desconsiderados no cálculo final da média da resistência potencial de aderência à tração.

Tabela 7: Valores do ensaio de resistência potencial de aderência à tração da argamassa referência.

RESISTÊNCIA POTENCIAL DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO (NBR 15258:2021)											
ARGAMASSA REFERÊNCIA											
ID	Ø (mm)	F (kgf)	F (N)	A (mm ²)	Ra (MPa)	Forma de ruptura (%)					
						A	B	C	D	E	F
R1	45,99	15,00	147,10	1661,18	0,09	0,0	55,0	45,0	0,0	0,0	0,0
R2	46,03	19,00	186,33	1664,31	0,11	0,0	95,0	5,0	0,0	0,0	0,0
R3	45,89	34,00	333,43	1653,72	0,20	0,0	70,0	30,0	0,0	0,0	0,0
R4	46,48	44,00	431,49	1696,52	0,25	0,0	60,0	40,0	0,0	0,0	0,0
R5	46,21	55,00	539,37	1677,35	0,32	0,0	65,0	35,0	0,0	0,0	0,0
R6	46,13	40,00	392,27	1671,07	0,23	0,0	85,0	15,0	0,0	0,0	0,0
R7	46,52	28,00	274,59	1699,44	0,16	0,0	90,0	10,0	0,0	0,0	0,0
R8	46,41	37,00	362,85	1691,66	0,21	0,0	95,0	5,0	0,0	0,0	0,0
R9	46,42	32,00	313,81	1692,39	0,19	0,0	85,0	15,0	0,0	0,0	0,0
R10	46,39	38,00	372,65	1690,44	0,22	0,0	95,0	5,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Autora.

Tabela 8: Valores do ensaio de resistência potencial de aderência à tração da argamassa com RCV.

RESISTÊNCIA POTENCIAL DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO (NBR 15258:2021)											
ARGAMASSA REFERÊNCIA											
ID	Ø (mm)	F (kgf)	F (N)	A (mm ²)	Ra (MPa)	Forma de ruptura (%)					
						A	B	C	D	E	F
C1	46,71	23,00	225,55	1713,85	0,13	0,0	80,0	20,0	0,0	0,0	0,0
C2	46,75	41,00	402,07	1716,54	0,23	0,0	75,0	25,0	0,0	0,0	0,0
C3	46,84	26,00	254,97	1723,40	0,15	0,0	80,0	20,0	0,0	0,0	0,0
C4	46,87	24,00	235,36	1725,36	0,14	0,0	75,0	25,0	0,0	0,0	0,0
C5	46,96	40,00	392,27	1731,75	0,23	0,0	75,0	25,0	0,0	0,0	0,0
C6	46,53	45,00	441,30	1700,66	0,26	0,0	90,0	10,0	0,0	0,0	0,0
C7	46,79	42,00	411,88	1719,23	0,24	0,0	85,0	15,0	0,0	0,0	0,0
C8	46,80	56,00	549,17	1719,97	0,32	0,0	55,0	45,0	0,0	0,0	0,0
C9	46,70	40,00	392,27	1713,11	0,23	0,0	70,0	30,0	0,0	0,0	0,0
C10	46,78	36,00	353,04	1718,74	0,21	0,0	75,0	25,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Autora.

Assim, os valores para a resistência potencial de aderência à tração, calculados conforme norma, estão dispostos na Tabela 9.

Tabela 9: Resistência potencial de aderência à tração das argamassas.

Resistência potencial de aderência à tração - NBR 15258 (ABNT, 2021)				
Argamassa	Traço unitário	Ri (MPa)		
		Média (MPa)	Desvio Padrão	CV (%)
Referência	1,0:4,5:0,80	0,21	0,03	14,7
RCV	1,0:6,0:1,12	0,22	0,04	16,2

Fonte: Autora.

Ambas argamassas apresentaram valores semelhantes de resistência potencial de aderência à tração. Porém, a utilização do RCV possibilitou menor consumo de cimento e maior consumo de agregado miúdo.

A NBR 13749 (ABNT, 2013) apresenta valores mínimos de resistência de aderência à tração (R_a) para emboço e camada úmida, conforme Tabela 2. Logo, as argamassas ensaiadas estão aptas para uso em paredes internas, que receberão como acabamento pintura ou base para reboco.

Já pela NBR 13281-1 (ABNT, 2023), que leva em consideração o ensaio de resistência potencial de aderência à tração da NBR 15258, as argamassas ensaiadas estão aptas para uso em revestimentos internos destinados à aplicação de pintura e/ou textura, de classe RA1, que possuem $R_i \geq 0,20$.

Os resultados obtidos neste estudo indicam que a redução do módulo de elasticidade e da resistência à compressão pode ser alcançada sem comprometer o potencial de aderência à tração das argamassas. Uma alternativa viável para atingir esse equilíbrio é a utilização da cal como aglomerante, em substituição parcial ao cimento. A cal, por suas características físico-químicas, tende a conferir maior plasticidade e deformabilidade à mistura, reduzindo a rigidez do material e, conseqüentemente, o módulo de elasticidade. Além disso, presume-se que a sua incorporação contribui para uma menor resistência à compressão, mas pode manter ou até favorecer a resistência potencial de aderência à tração.

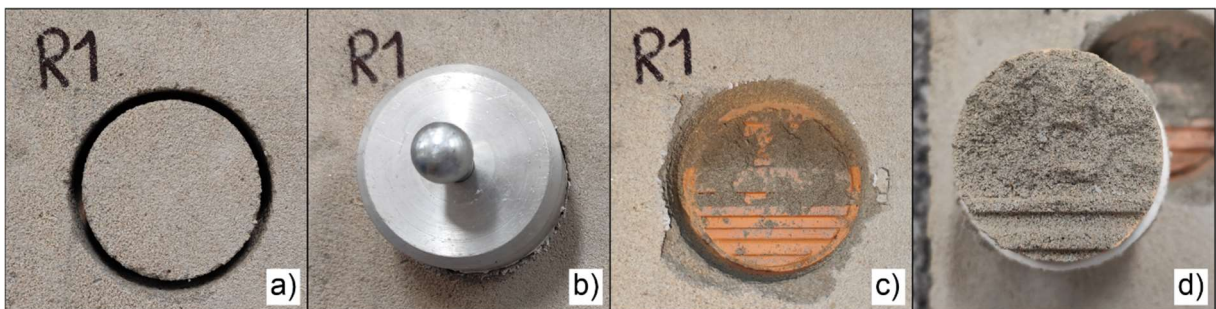
4.6.1. Pontos de ensaio

As imagens a seguir, apresentadas nas figuras de 26 a 45, por ponto de ensaio, estão apresentadas na ordem: (a) superfície após corte a seco com serra copo e limpeza, (b) colagem da pastilha, (c) superfície após ensaio e (d) corpo de prova após extração.

4.6.1.1. Argamassa referência (1,0:4,5:0,80)

- Ponto 1:

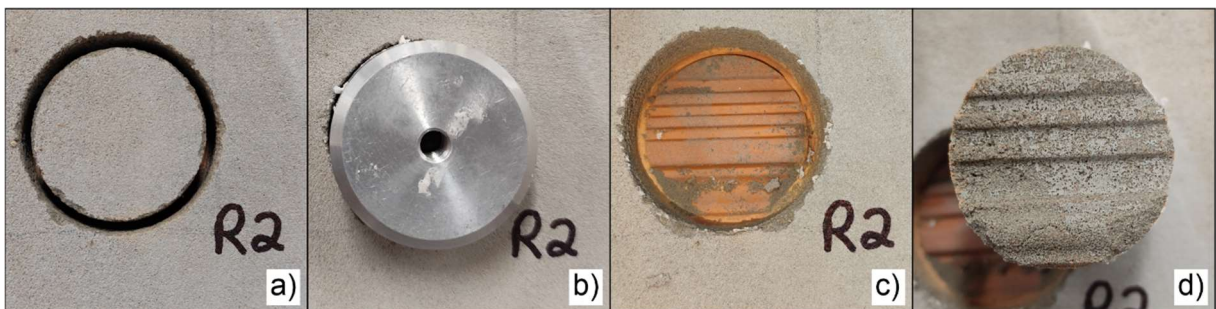
Figura 34: Ponto R1 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 2:

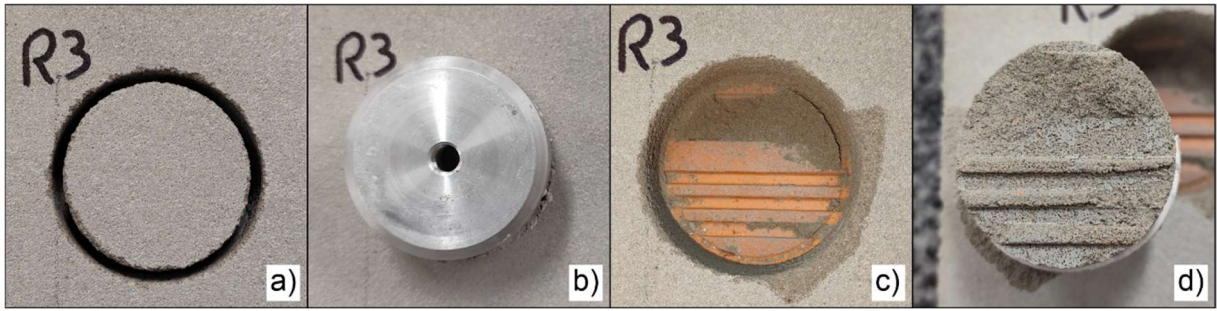
Figura 35: Ponto R2 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 3:

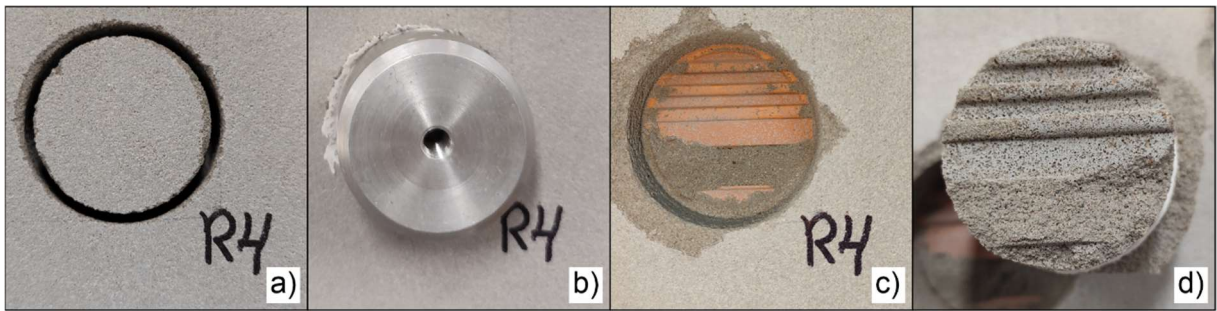
Figura 36: Ponto R3 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 4:

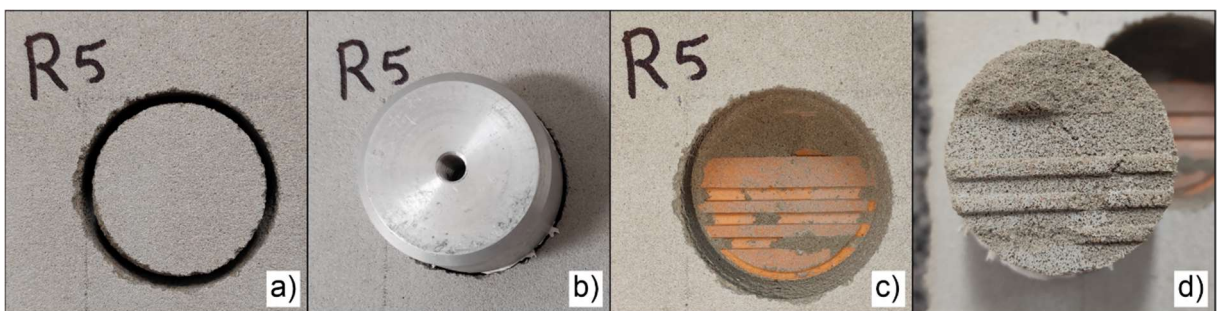
Figura 37: Ponto R4 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 5:

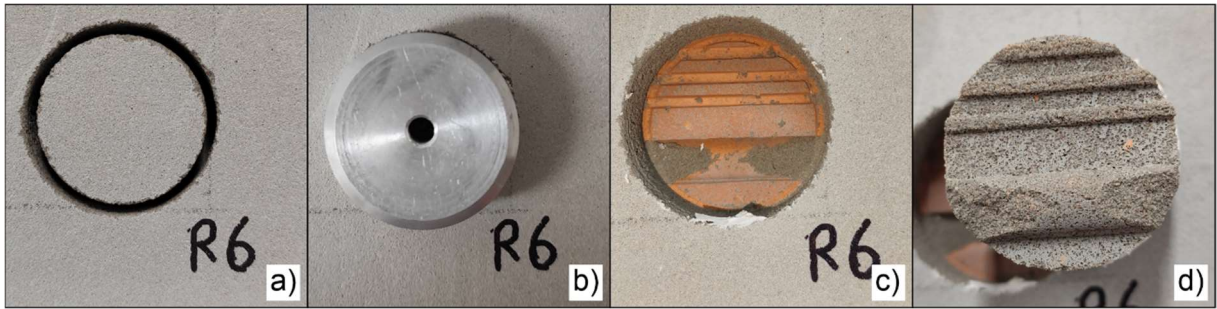
Figura 38: Ponto R5 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 6:

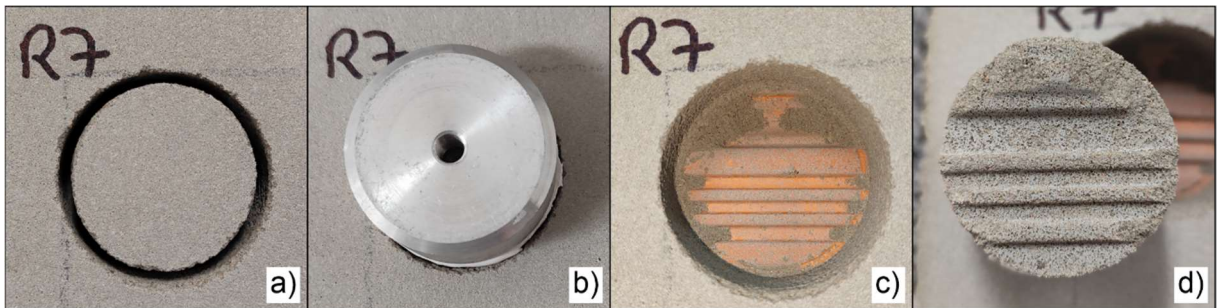
Figura 39: Ponto R6 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 7:

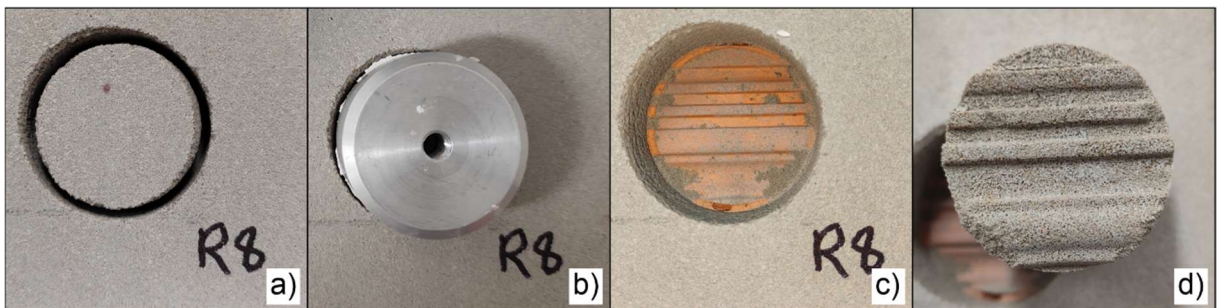
Figura 40: Ponto R7 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 8:

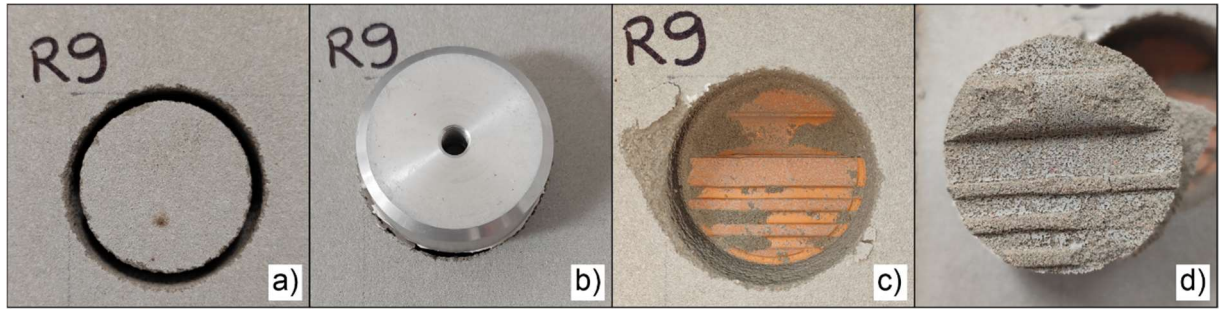
Figura 41: Ponto R8 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 9:

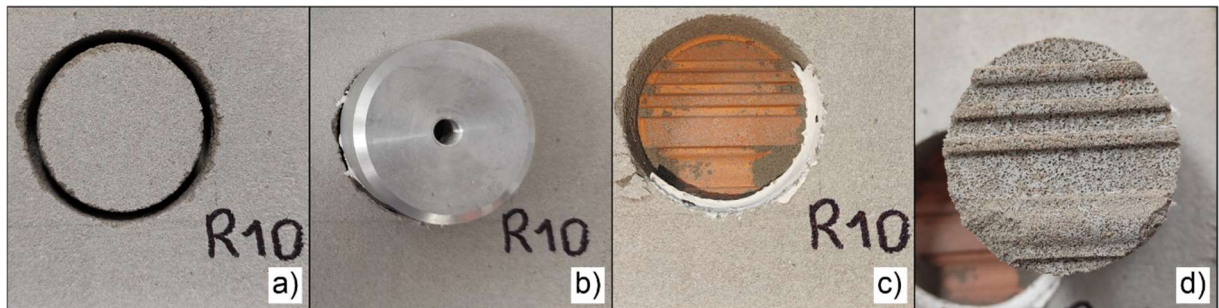
Figura 42: Ponto R9 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 10:

Figura 43: Ponto R10 argamassa referência - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.

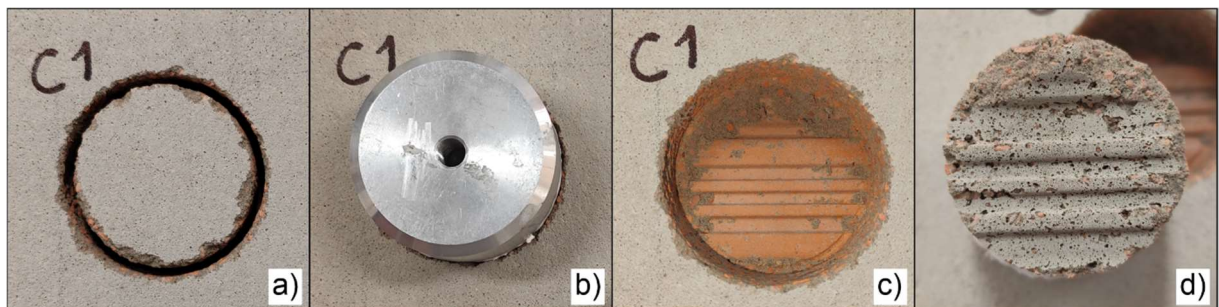


Fonte: Autora.

4.6.1.2. Argamassa com RCV (1,0:6,0:1,12)

- Ponto 1:

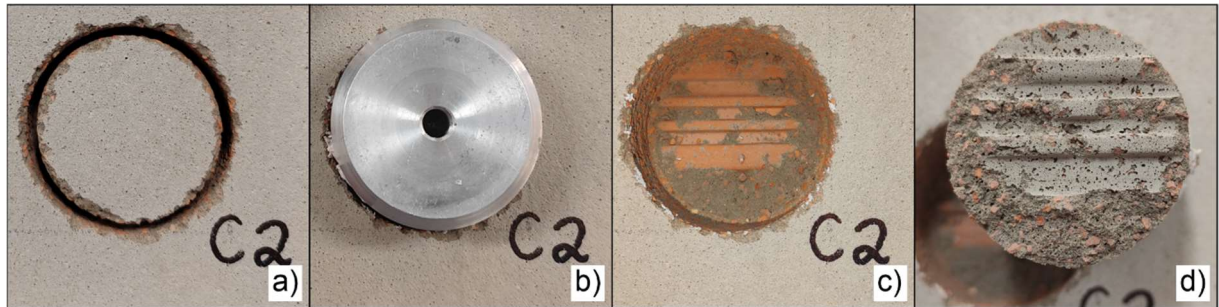
Figura 44: Ponto C1 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 2:

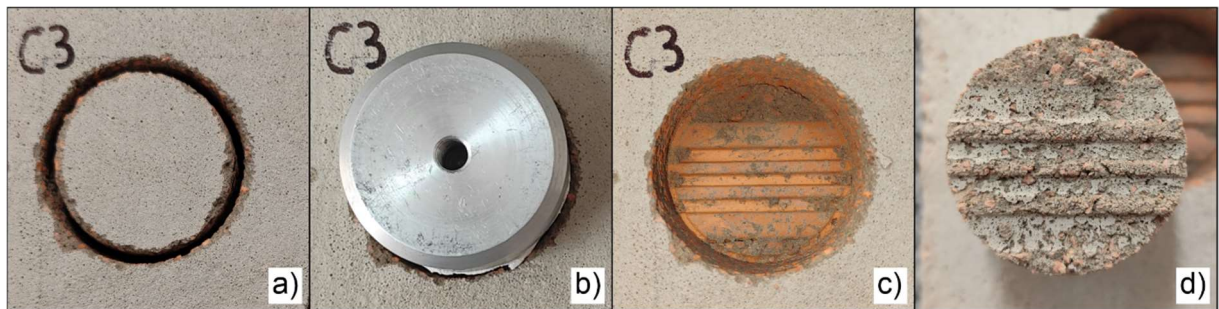
Figura 45: Ponto C2 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 3:

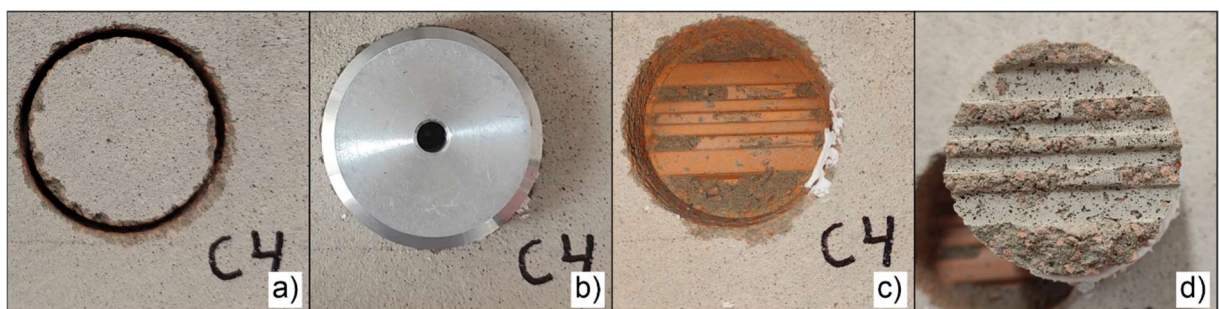
Figura 46: Ponto C3 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 4:

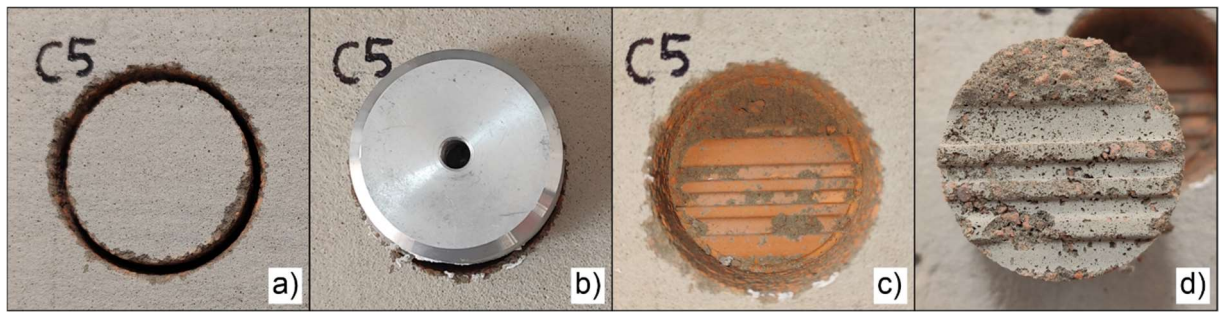
Figura 47: Ponto C4 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 5:

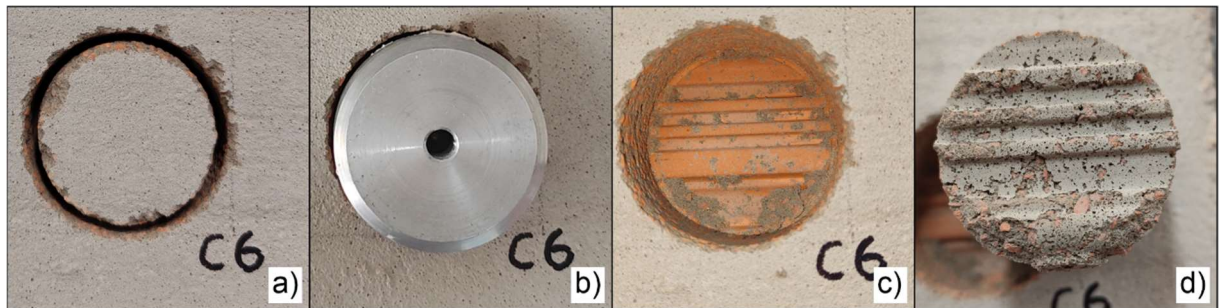
Figura 48: Ponto C5 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 6:

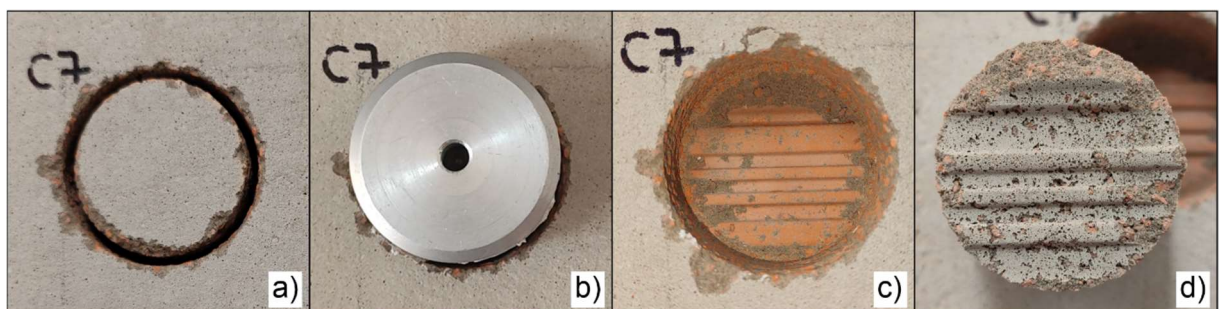
Figura 49: Ponto C6 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 7:

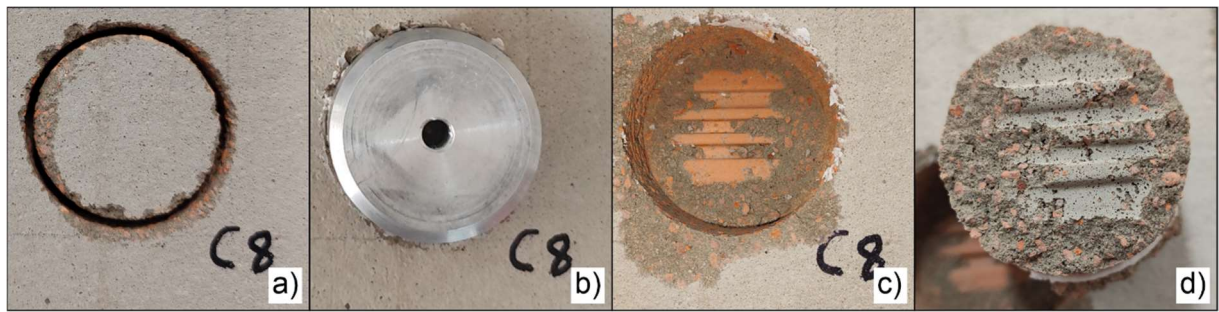
Figura 50: Ponto C7 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 8:

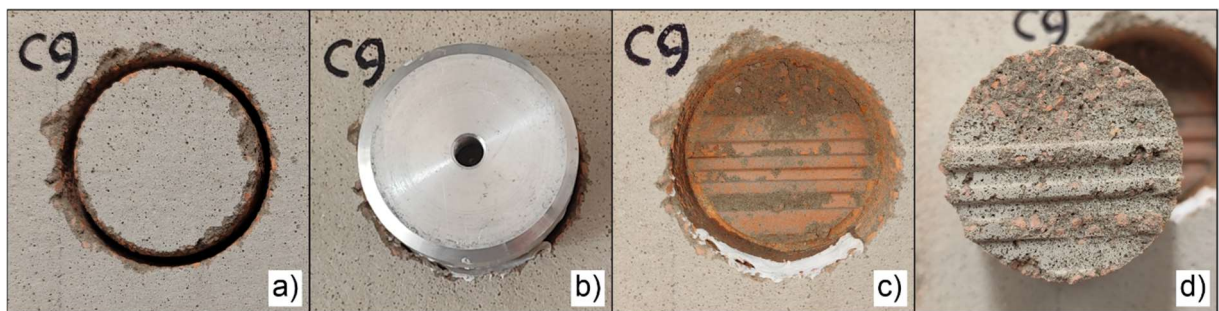
Figura 51: Ponto C8 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 9:

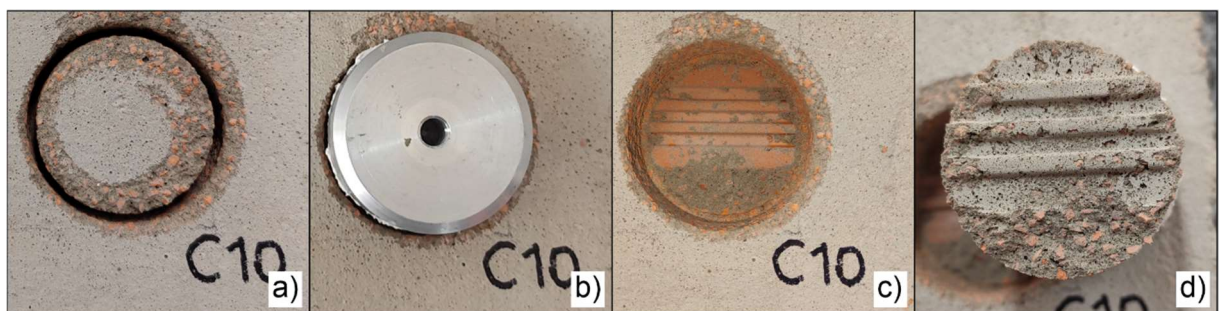
Figura 52: Ponto C9 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

- Ponto 10:

Figura 53: Ponto C10 argamassa com RCV - ensaio de resistência potencial de aderência à tração.



Fonte: Autora.

4.7. FISSURAÇÃO

O método utilizado para a análise da fissuração nas argamassas de revestimento foi o anel de argamassa. Para chegar ao indicador de fissuração por metro, levou-se em consideração o perímetro médio do anel, onde foram consideradas as seguintes medidas do molde:

$$\text{Diâmetro superior externo: } D_{sup,ext} = 0,297m$$

$$\text{Diâmetro superior interno: } D_{sup,int} = 0,247m$$

$$\text{Diâmetro inferior externo: } D_{inf,ext} = 0,275m$$

$$\text{Diâmetro inferior interno: } D_{inf,int} = 0,235m$$

Então, obteve-se os valores médios de diâmetros externo e interno:

$$\text{Diâmetro médio externo: } D_{méd,ext} = \frac{D_{sup,ext} + D_{inf,ext}}{2} = \frac{0,297 + 0,275}{2} = 0,286m$$

$$\text{Diâmetro médio interno: } D_{méd,int} = \frac{D_{sup,int} + D_{inf,int}}{2} = \frac{0,247 + 0,235}{2} = 0,241m$$

E, por fim, calculou-se o diâmetro médio do molde:

$$\text{Diâmetro médio: } D_{méd} = \frac{D_{méd,ext} + D_{méd,int}}{2} = \frac{0,286 + 0,241}{2} = 0,264m$$

Logo, o perímetro médio do anel foi:

$$P_{méd} = \pi \times D_{méd} = \pi \times 0,264 = 0,828m$$

Para chegar ao indicador de fissuras/metro, observou-se ao longo de 14 dias a aparição da quantidade de fissuras no corpo de prova e dividiu-se esse valor pelo perímetro médio do anel. Para a argamassa referência, observou-se a aparição de 1 fissura (Figura 54).

Figura 54: Anel de argamassa referência 1,0:4,5:0,80.



Fonte: Autora.

O mesmo foi observado para a argamassa com RCV (Figura 55): 1 fissura.

Figura 55: Anel de argamassa com RCV 1,0:6,0:1,12.



Fonte: Autora.

Os indicadores de fissuração das duas argamassas estudadas encontram-se na Tabela 10. Tais resultados condizem com os valores de módulo de elasticidade estático também observados.

Tabela 10: Indicador de fissuração - anel de argamassa.

Argamassa	a/c	Qnt de fissuras aparentes	Indicador de fissuração (fissura/m)
Referência 1,0:4,5	0,80	1,0	1,21
35% RCV 1,0:6,0	1,12	1,0	1,21

Fonte: Autora.

4.8. CONSUMO DE MATERIAIS PARA PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

Para o cálculo do consumo de cimento, utilizou-se a equação abaixo:

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{\gamma_c} + \frac{ag}{\gamma_{ag}} + a/c}$$

Onde:

γ_c é a densidade do cimento, em kg/m³;

γ_{ag} é densidade do agregado, em kg/dm³;

ag é parcela do agregado no traço unitário;

a/c é a relação água/cimento; e

C é o consumo de cimento em kg/m³.

A partir do consumo de cimento previamente calculado e do traço, em massa, definido, determinou-se o consumo dos demais materiais por meio da multiplicação da massa de cimento pelas respectivas proporções dos materiais estabelecidas no traço. Os valores de consumo de cimento, areia, RCV e água, por metro cúbico, referentes a cada proporção de mistura analisada neste estudo, estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Consumo de material por m³ de argamassa.

CONSUMO DE MATERIAL POR m³ DE ARGAMASSA					
	Massa específica kg/dm³	Traço unitário		Consumo (kg/m³)	
		Referência	RCV	Referência	RCV
		1,0:4,5:0,80	1,0:6,0:1,12	1,0:4,5:0,80	1,0:6,0:1,12
Cimento	3,00	1,00	1,00	351,57	264,34
Areia	2,63	4,50	3,90	1582,08	1030,93
RCV	2,48	0,00	2,10	0,00	555,12
a/c	1,00	0,80	1,12	281,26	296,06

Fonte: Autora.

5. CONCLUSÃO

A análise dos resultados permite estabelecer relações claras entre as propriedades avaliadas:

- A incorporação do RCV corrigiu a granulometria da areia natural, predominantemente fina, aproximando-a dos limites normativos da C897 (ASTM, 2015) e favorecendo melhor empacotamento das partículas.
- Índice de consistência: as argamassas com RCV apresentaram trabalhabilidade adequada, ainda que com maior demanda de água para amassamento, devido à absorção de água do resíduo de cerâmica vermelha.
- Resistência à compressão: a argamassa com RCV, apresentou resistências equivalentes em relação à argamassa de referência, evidenciando que a correção granulométrica contribuiu para maior densificação da matriz. Apesar de uma maior relação água/cimento, parte da água foi absorvida pelo resíduo.
- Módulo de elasticidade estático: apesar do aumento da resistência à compressão, quando comparado à referência, os valores de módulo de elasticidade apresentaram-se semelhantes, indicando argamassas com rigidez próximas.
- Resistência potencial de aderência à tração: os valores obtidos para as argamassas referência e com substituição parcial de agregado miúdo pelo RCV, se mostraram constantes, demonstrando que o resíduo reciclado não desfavorece a ligação entre argamassa e substrato cerâmico. Além disso, destaca-se que a utilização do RCV possibilitou menor consumo de cimento e maior consumo de agregado miúdo. Essa economia de insumos, aliada ao reaproveitamento de resíduos, reforça o caráter sustentável da proposta, uma vez que promove a diminuição do impacto ambiental associado à extração de matérias-primas naturais e ao descarte inadequado de resíduos da construção civil.
- Indicador de fissuração: o indicador de fissuração em ambas argamassas foram o mesmo, condizendo com os valores próximos de módulo de elasticidade; a argamassa com RCV se sobressai quando comparados o indicador de fissuração com a resistência à compressão, ou seja, mesmo com valor maior de resistência à compressão, sua rigidez se aproxima da argamassa referência.

- Consumo de cimento: a substituição parcial do agregado miúdo natural por RCV possibilitou o aumento do teor de agregado na mistura e propriedades físico-mecânicas semelhantes à referência, o que reduziu o consumo de cimento no traço, tornando o processo mais sustentável e eficiente.

Os resultados obtidos evidenciam que a utilização de diferentes composições de agregados influencia diretamente o desempenho mecânico das argamassas. A argamassa com adição da fração de pó de pedra apresentou maior resistência à compressão, refletindo em maior rigidez e, conseqüentemente, em um módulo de elasticidade estático superior. Já as argamassas referência e com RCV demonstraram valores semelhantes de módulo de elasticidade estático e indicador de fissuração; entretanto, a argamassa com o resíduo reciclado de RCV destacou-se por alcançar maior resistência à compressão, mesmo apresentando uma relação água/cimento superior e maior teor de agregado. Em síntese, esse comportamento indica que a correção granulométrica proporcionada pelo RCV na argamassa não apenas elevou a resistência mecânica e a aderência, mas também reduziu o consumo de cimento em comparação à referência, o que reforça seu potencial como alternativa sustentável e viável para aplicação em revestimentos. Assim, o uso do RCV em argamassas de revestimento mostra-se uma alternativa técnica viável e ambientalmente responsável, conciliando desempenho, durabilidade e sustentabilidade na construção civil.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando os resultados obtidos e as limitações encontradas durante o desenvolvimento desta pesquisa, algumas propostas de continuidade podem ser destacadas para aprofundar o estudo sobre o uso do resíduo de cerâmica vermelha (RCV) em argamassas de revestimento:

- Repetição do ensaio de resistência potencial de aderência à tração com aplicação de chapisco: realizar novamente os testes de aderência e fissuração utilizando substratos previamente chapiscados, a fim de comparar os resultados com aqueles obtidos em blocos cerâmicos sem aplicação de chapisco. Essa análise permitirá avaliar a influência do chapisco no desempenho das argamassas com RCV e verificar sua adequação às condições práticas de obra.
- Análise econômica da produção do agregado reciclado de RCV: realizar o cálculo detalhado do custo, em reais, para a produção do agregado reciclado, contemplando etapas de coleta, beneficiamento e incorporação ao traço. Essa avaliação permitirá verificar a viabilidade financeira da aplicação em larga escala e reforçar o caráter sustentável da proposta.
- Ampliação do tempo de observação do indicador de fissuração: estender o período de monitoramento das fissuras além dos 28 dias, considerando que o módulo de elasticidade tende a crescer mesmo após esse intervalo. Essa análise poderá fornecer dados mais consistentes sobre o comportamento das argamassas ao longo do tempo e sua durabilidade em condições reais de uso.
- Ensaios em paredes de maior dimensão expostas à radiação solar direta: para o indicador de fissuração, realizar experimentos em superfícies superiores a 1 m², submetidas à incidência solar, para avaliar de forma mais representativa o surgimento de fissuras em condições ambientais críticas. Essa abordagem permitirá compreender melhor os efeitos da variação térmica sobre o desempenho das argamassas com RCV.
- Avaliação de traço com RCV na proporção 1,0:4,5: testar a viabilidade desse traço para verificar se atende aos requisitos normativos e de desempenho, possibilitando sua aplicação também em revestimentos externos.
- Substituição parcial do aglomerante: Como proposta de continuidade, sugere-se a realização de novos ensaios com traços reformulados, contemplando a substituição parcial do cimento pela cal. Essa abordagem permitirá avaliar de forma sistemática os

efeitos da cal sobre o desempenho mecânico e a durabilidade das argamassas, especialmente no que se refere à resistência potencial de aderência à tração em diferentes substratos. A comparação entre os resultados obtidos com e sem a adição de cal poderá fornecer subsídios importantes para validar a viabilidade técnica dessa substituição, ampliando o caráter sustentável da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia.** Rio de Janeiro. 2013.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação.** Rio de Janeiro. 2013.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência.** Brasil, 2016.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro, 2017.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16697: Cimento Portland – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2018.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215: cimento Portland: determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2019.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13528-1: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas — Determinação da resistência de aderência à tração Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2019.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16972: agregados: determinação da massa unitária e do índice de vazios.** Rio de Janeiro, 2021.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 17054: agregados: determinação da composição granulométrica: método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2022.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13281-1: Argamassas inorgânicas – Requisitos e métodos de ensaios – Parte 1: Argamassas para revestimento de paredes e tetos.** Rio de Janeiro. 2023.

AGUIAR, Mariane Costalonga de; GADIOLI, Mônica Castoldi Borlini; SANT'ANNA, Maria Angélica Kramer; ALMEIDA, Kayrone Marvila de; GIORI, Ana Júlia Nali. **Processos de fabricação de cerâmica vermelha**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2022. (Série Tecnologia Ambiental; 118). Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2621/1/STA-118.pdf>>. Acesso em: 11 de abr. 2025.

ALVES, Everton Rodrigues; BARROS, Tiago Santino da Silva; SILVA, Denney Wesley da; NASCIMENTO, Maria Victória Leal de Almeida. **Viabilidade do uso de Resíduos da Cerâmica Vermelha em materiais da construção civil uma revisão de literatura**. Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online), São Carlos, Brasil, v. 23, n. 1, p. e-219819, 2025. DOI: 10.11606/1984-4506.risco.2025.219819.

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica, 2023. **Dados do Setor**. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/anicer/setor/>. Acesso em: 14 abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE - ABREMA. **Lixo: Brasil gerou mais de 40 mil toneladas de resíduos de construção**. 18 jun, 2024. Disponível em: <<https://www.abrema.org.br/2024/06/18/lixo-brasil-gerou-mais-de-40-mil-toneladas-de-residuos--de-construcao/>>. Acesso em: 14 abr. 2025

ASSERMANN, A. F. **Estudo da aderência de argamassa de revestimento interno com e sem a utilização de chapisco**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.udesc.br/entities/publication/245098ee-5006-472a-9d0c-cf8f1836dd1d/full>>. Acesso em: 11 dez. 2025.

ASTM – American Society For Testing And Materials. **C897: standard specification for aggregate for job-mixed Portland cement-based plasters**. West Conshohocken, 2015.

CABRAL JUNIOR, M.; AZEVEDO, P. B. M. Potencial técnico e econômico do aproveitamento de resíduos da indústria de cerâmica vermelha. Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 29–37, maio/jun. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2017.017>>. Acesso em: 23 jul. 2025.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente 307/2002 - **Gestão de Resíduos Sólidos (Construção Civil)**, 2002. Disponível em: <https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2002_Res_CONAMA_307.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2025.

DANG, J.; ZHAO, J.; HU, W.; DU, Z.; GAO, D. **Properties of mortar with waste clay bricks as fine aggregate**. Construction and Building Materials, Vol. 166, p 898 – 907, 2018.

DENIZARD, Paulo Carvalho. **Estudo da interface entre blocos cerâmicos e argamassas de chapisco**. Santa Maria, 2016. UFSM. Dissertação Mestrado.

FIGUEIREDO, Antonio; *et al.* **Avaliação da influência do teor de ar no módulo de elasticidade de argamassas**. ResearchGate, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Figueiredo-12/publication/294427760_Avaliacao-da-influencia-do-teor-de-ar-no-modulo-de-elasticidade-de-argamassas/links/56c0d02208aeedba05647f2d/Avaliacao-da-influencia-do-teor-de-ar-no-modulo-de-elasticidade-de-argamassas.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2025.

FREITAS, Juliana Gomes de; CARASEK, Helena; CASCUDO, Oswaldo. **Utilização de termografia infravermelha para avaliação de fissuras em fachadas com revestimento de argamassa e pintura**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 57-73, jan./mar. 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ac/a/zKXXQ4rXd5sWZz7n4dkjWnw/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 14 abr. 2025.

FURTADO, Gabriela Becker. **Influência da substituição do agregado miúdo natural por resíduo de cerâmica vermelha na produção de argamassas para revestimento**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, 2021.

HOPPE FILHO, J.; ROCHA, T. M. da; BISPO, M. V. M. M.; GARCEZ, M. R. **Resíduo de cerâmica vermelha na composição de agregado miúdo de argamassas: efeitos nas propriedades físico-mecânicas**. Ambiente Construído, 2025, v. 25, n. 1, p. e140644, 2025. DOI: 10.1590/s1678-86212025000100841.

MOURA, C. B. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: influência das condições de temperatura e ventilação a cura do chapisco.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

NOBERTO, Camila Carvalho. **Avaliação do módulo de elasticidade de argamassas utilizando diferentes métodos de ensaio com vistas a uma caracterização quanto à fadiga.** 2024. 107 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil - Estruturas e Construção Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

NOBRE, Suyane Family Silva. **Influência da distribuição granulométrica do agregado miúdo em argamassas de Cimento Portland.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2022.

PRADO, Raquel Nazario da Rosa; OLIVEIRA, Valeria da Costa de. **Suscetibilidade à fissuração das argamassas produzidas com agregados de cerâmica vermelha.** Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil Unesc - CIVILTEC, v. 4, n. 1, 2021.

SALVI, Chanalisa Ruggini. **Avaliação da resistência de aderência à tração de argamassas de revestimento sobre diferentes substratos na cidade Guaporé/RS.** Universidade do Vale do Taquari - Univates, 2017. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/158279816.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2025.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Boletim de inteligência. **Construção Civil: Cerâmica Vermelha.** Dezembro, 2015.

SOUZA, Adriel Siqueira de; ROCHA, Ivaldo Ribeiro; MAURO, Arivaldo; SILVA, Rodrigo Alves. **Estudo do potencial de aderência à tração em diferentes blocos de alvenaria com e sem uso do chapisco.** Encontro Nacional sobre Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC, Brasil, 2025. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1299/1059>. Acesso em: 21 abr. 2025.

SOUZA, Adriel Siqueira de; ROCHA, Ivaldo Ribeiro; MAURO, Arivaldo; SILVA, Rodrigo Alves. **Influência do tratamento de base na resistência de aderência à tração e na**

permeabilidade de revestimentos em argamassa. Encontro Nacional sobre Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC, Brasil, 2025. Disponível em: 1. Acesso em: 21 abr. 2025.

VEDACIT. **Catálogo de Revenda 2024**, 2024. Disponível em: <https://projeto-site-vedacit-s3.s3.sa-east-1.amazonaws.com/CATALOGO_VEDACIT_2024_DIGITAL.pdf>. Acessado em: 27 jun. 2025.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). **Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050.** Brasília: SNIC, 2019. Disponível em: <<http://snic.org.br/assets/pdf/roadmap/roadmap-tecnologico-do-cimento-brasil.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2025.