



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE DISPOSITIVO PARA TESTES DE
RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM
DIFERENTES SUBSTRATOS

ADELICIO BERTOLDO

VARGINHA

2022

ADELICIO BERTOLDO

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE DISPOSITIVO PARA TESTES DE
RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM
DIFERENTES SUBSTRATOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Centro Federal de Educação Tecnológica
de Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof.^a Me. Mag Geisielly Alves Guimarães

Co-orientadora: Prof.^a Dra. Denise de Carvalho Urashima

VARGINHA

2022

ADELICIO BERTOLDO

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE DISPOSITIVO PARA TESTES DE
RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS EM
DIFERENTES SUBSTRATOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Centro Federal de Educação Tecnológica
de Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Data de aprovação: 07/12/2022

Banca examinadora:



Profª. Me. Mag Geisielly Alves Guimarães
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade
Varginha



Profª. Drª. Denise de Carvalho Urashima
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade
Varginha



Profª. Me. Flávia Castro de Faria
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade
Varginha

Profª. Drª. Cristina Guimarães César
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Campus
II, Nova Gameleira

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, nosso orientador da vida. Sem Ele eu não teria força, capacidade e condições para desenvolvê-lo.

Dedico este trabalho a todos meus familiares e amigos, pois, graças aos incentivos constantes consegui concluir o curso de graduação. Sem vocês eu nada seria.

Dedico este trabalho aos meus colegas de curso, que assim como eu, encerram uma difícil etapa da vida acadêmica. Mesmo que distante, sempre estarão em minhas orações.

Dedico esse trabalho a todos os professores que de forma brilhante deram sentido ao conteúdo das disciplinas, tornando os momentos de aprendizado algo agradável e inesquecível.

Dedico este trabalho a todos envolvidos com a ciência. Muitas vezes abdicam de sua própria vida para fazer avançar o conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me proporcionou energia e coragem para seguir em frente e concluir esta etapa importante de minha vida.

Agradeço a minha mãe, esposa e filho, que me incentivaram todos os dias de batalha. Meu amor por vocês é eterno.

Agradeço a meus amigos e colegas de curso. Cada momento junto me proporcionou grande crescimento.

Agradeço, em especial, a meu amigo Emerson Rick Pinheiro. Tenha a certeza de que jamais esquecerei o incondicional apoio durante o curso.

Agradeço a todos professores e colaboradores do CEFET-MG, campus Varginha/MG. Sentirei saudades de cada que tive o privilégio de ter contato durante essa caminhada.

Agradeço em especial a minha orientadora, Prof^a. Me. Mag, e co-orientadora, Prof^a. Dr^a. Denise. Sem o apoio e incentivo eu jamais teria chegado aonde cheguei.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte dessa caminhada.

EPÍGRAFE

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

RESUMO

A indústria da construção civil, em decorrência dos processos construtivos e materiais empregados ainda hoje, tornou-se uma grande geradora de impactos ambientais, além de requerer altos consumos de recursos naturais. A fase de revestimento argamassado se destaca pelo consumo de materiais em volumes consideráveis. Nos últimos anos, tem sido realidade a prática de assentamentos de placas cerâmicas diretamente sobre a alvenaria sem a execução de camadas de aderência e regularização, ou seja, chapisco e emboço. Todavia, há necessidade de se avaliar o surgimento de manifestações patológicas por deslocamentos cerâmicos advindo de tais práticas, que comprometem o desempenho das funções dos revestimentos, causam riscos aos usuários do ambiente, bem como custos para reparos. O trabalho propôs o desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo para a realização de ensaios de resistência de aderência (R_a) cerâmica em substratos de blocos cerâmicos e de concretos com e sem as camadas de chapisco e emboço. Verificou-se que a ausência das camadas de aderência e regularização em blocos cerâmicos impactou em resultados de R_a inferiores ao valor mínimo de 03 MPa, especificado em norma para revestimentos cerâmicos internos. Neste caso, nenhum corpo de prova atingiu o valor mínimo supracitado, ao passo que blocos com tais camadas apenas um corpo de prova não atingiu a referida resistência mínima. Em corpos de prova de blocos de concreto, com e sem as camadas de argamassas, as cargas de ruptura registradas atenderam ao valor normativo. A existência das camadas de chapisco e emboço proporcionou, em média, um aumento de 42,85% na R_a , em blocos de concreto, se comparado resultados sem tais camadas. O estudo demonstra a inviabilidade da aplicação de revestimentos cerâmicos em alvenaria de blocos cerâmicos sem as camadas de chapisco e emboço, conforme indicações normativas. Os resultados obtidos demonstraram a relevância do dispositivo de arrancamento desenvolvido e quão promissora são as práticas relativamente simples, que possibilitam avaliar a viabilidade técnica de soluções tomadas de forma intuitiva, mas sem considerar as variáveis envolvidas, que podem levar a manifestações patológicas.

PALAVRAS-CHAVE: resistência de aderência a tração; revestimento cerâmico; manifestações patológicas; dispositivo de arrancamento.

ABSTRACT

As a result of the construction processes and materials used today, the civil construction industry has become a significant generator of environmental impacts, in addition to requiring high consumption of natural resources. The mortar coating phase stands out for the consumption of materials in considerable volumes. In recent years, laying ceramic tiles directly on masonry has been a reality without the execution of adherence and regularization layers, splash, and parge. However, there is a need to evaluate the emergence of pathological manifestations due to ceramic detachment arising from such practices, which compromise the performance of the coatings' functions, cause risks to users of the environment, and repair costs. The work proposed the development of a low-cost device for performing pull-off adhesion tests (Ra) on ceramic and concrete blocks with and without adherence and regularization layers. The absence of adherence and regularization layers in ceramic blocks impacted Ra results below the minimum value specified in the standard for internal ceramic coatings, equal to 0.3 MPa. In this case, no specimen reached the aforementioned minimum value, while in blocks with such layers, only one specimen did not reach the previous minimum strength. In specimens of concrete blocks, with and without mortar layers, the rupture strengths recorded met the normative value. The existence of adherence and regularization layers provided, on average, an increase of 42.85% in Ra in concrete blocks when comparing results without such layers. The study demonstrates the impossibility of applying ceramic coatings on the masonry of ceramic blocks without the adherence and regularization layers, according to normative indications. The results showed the relevance of the developed pulling device and how promising the relatively simple practices are, which make it possible to evaluate the technical feasibility of solutions taken intuitively, but without considering the boundary conditions involved, which can lead to pathological manifestations.

KEYWORDS: pull-off adhesion tests; ceramic coating; pathological manifestations; pull-off apparatus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Deslocamento de revestimentos cerâmicos em paredes internas.	5
Figura 2 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) pela Agenda 2030.	5
Figura 3 - Fluxograma do processo de fabricação de revestimentos cerâmicos.	9
Figura 4 - Modelo das camadas do Sistema de Revestimento Cerâmico.	11
Figura 5 - Tipos e características dos blocos empregados na alvenaria de vedação.	12
Figura 6 - Formas de execução da camada de chapisco.	13
Figura 7 - Projetores de argamassa.	14
Figura 8 - Instalação de linhas referenciais para fixação das taliscas.	15
Figura 9 - Instalação das taliscas.	15
Figura 10 - Execução das mestras.	16
Figura 11 - Preenchimento e sarrafeamento do emboço realizado entre duas mestras.	16
Figura 12 - Verificação da planeza da base.	17
Figura 13 - Tipos de juntas em obras prediais.	19
Figura 14 - Fatores que influenciam no comportamento de aderência sobre substrato poroso.	21
Figura 15 - Deslocamento de revestimento cerâmico em paredes internas.	22
Figura 16 - Procedimento para determinação de resistência de aderência à tração de revestimentos cerâmicos segundo a ABNT NBR 13754 (1996).	24
Figura 17 - Procedimento para determinação de resistência de aderência à tração de revestimentos cerâmicos.	25
Figura 18 - Presença de eflorescência no rejuntamento.	27
Figura 19 - Presença de fungos no rejuntamento.	28
Figura 20 - Falha no selante da junta de movimentação.	28
Figura 21 - Fluxograma do trabalho.	29
Figura 22 - Dispositivo para ensaio de resistência de aderência em revestimentos cerâmicos.	30
Figura 23 - Detalhe de fixação do conjunto placa metálica/revestimento cerâmico. .	31
Figura 24 - Aferição da balança de vidro temperado.	32
Figura 25 - Sistema de aplicação da carga de arrancamento por movimento rotatório manual.	33

Figura 26 - Períodos de cura das camadas para realização do ensaio de aderência.	34
Figura 27 - Ensaios de aderência realizados.	35
Figura 28 - Preparação da argamassa de chapisco.	36
Figura 29 - Hidratação dos blocos cerâmicos e de concreto.	36
Figura 30 - Aplicação da argamassa de chapisco ao substrato.	37
Figura 31 - Preparação da argamassa de emboço.	38
Figura 32 - Aplicação e regularização da argamassa de emboço.	38
Figura 33 - Execução dos sulcos na argamassa de emboço.	39
Figura 34 - Corte e preparação das placas cerâmicas 50 mm x 50 mm.	40
Figura 35 - Preparação da argamassa de assentamento cerâmico.	40
Figura 36 - Hidratação da base para realização do assentamento cerâmico.	41
Figura 37 - Processo de instalação da placa cerâmica a um bloco cerâmico.	41
Figura 38 - Posicionamento de um peso sobre a placa cerâmica, recém-instalada no substrato.	42
Figura 39 - Limpeza das laterais das placas cerâmicas/remoção dos excessos de AC.	42
Figura 40 - Corpos de prova armazenados após instalação das placas cerâmicas.	43
Figura 41 - Adesivo epóxi utilizado na colagem das placas metálicas.	43
Figura 42 - Colocação do conjunto a ser ensaiado no dispositivo e realização dos ajustes necessários.	45
Figura 43 - Resultados obtidos nos ensaios - Blocos de concreto.	46
Figura 44 - Placas metálicas após os ensaios para blocos de concreto sem chapisco e emboço.	48
Figura 45 - Placas metálicas após os ensaios para blocos de concreto sem chapisco e emboço.	49
Figura 46 - Resultados obtidos nos ensaios - Blocos cerâmicos.	51
Figura 47 - Placas metálicas os ensaios para blocos cerâmicos sem chapisco e emboço.	53
Figura 48 - Placas metálicas os ensaios para blocos cerâmicos com chapisco e emboço.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios de aceitação do sistema de revestimentos em paredes externas.	26
Tabela 2 - Resultados dos ensaios de aderência do revestimento cerâmico em blocos de concreto.....	46
Tabela 3 - Tipo de ruptura registrada nos ensaios de aderência cerâmico – Blocos de concreto.....	50
Tabela 4 - Resultados dos ensaios de aderência cerâmico em blocos cerâmicos....	50
Tabela 5 - Tipo de ruptura registrada nos ensaios de aderência cerâmico – Blocos cerâmicos.	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	4
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.3 JUSTIFICATIVA	4
1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	7
2. SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO.....	9
2.1 INTRODUÇÃO	9
2.2 CAMADAS DO SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO	10
2.2.1. <i>Visão geral</i>	10
2.2.2. <i>Substrato</i>	11
2.2.3. <i>Chapisco</i>	12
2.2.4. <i>Emboço</i>	14
2.2.5. <i>Argamassa colante</i>	17
2.2.6. <i>Revestimento cerâmico</i>	19
2.3 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS.....	20
2.3.1. CONCEITOS INICIAIS	20
2.3.2. ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS INTERNOS	23
2.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	29
3.2 MONTAGEM DO DISPOSITIVO PARA ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS.....	29
3.3 REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS	33
3.3.1 DEFINIÇÕES PRELIMINARES.....	33
3.3.2 EXECUÇÃO DA CAMADA DE CHAPISCO	35
3.3.3 EXECUÇÃO DA CAMADA DE EMBOÇO	37
3.3.4 ASSENTAMENTO DAS PLACAS CERÂMICAS AO SUBSTRATO	39

3.3.5 ENSAIO DE ARRANCAMENTO CERÂMICO	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1 PLACAS CERÂMICAS EM BLOCOS DE CONCRETO	46
4.2 PLACAS CERÂMICAS EM BLOCOS CERÂMICOS	50
4.3 AVALIAÇÃO DO DISPOSITIVO DESENVOLVIDO PARA ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS	56
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	57
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	58

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A indústria da construção civil (ICC) tem-se apontado como um dos setores de relevante papel no desenvolvimento econômico e social do país (LEITE *et al.*, 2016). No ano de 2016, a construção civil brasileira correspondeu a 5,2% do Produto Interno Bruto (PIB) e com a geração de 8,5% de empregos dentre o total de pessoas ocupadas no país (BRASIL, 2020). Contudo, este setor ainda é visto como causadora de impactos socioambientais relevantes em decorrência de seus processos construtivos e materiais empregados.

Os impactos negativos têm sido enumerados, principalmente, nas fases de construção, operação, manutenção e demolição dos edifícios, cuja demanda por uma construção sustentável é eminente em âmbito mundial e, para tanto, requer mudanças no modo tradicional de construção (CARVALHO, 2017). Neste contexto, destacam-se o consumo de recursos naturais, modificações da paisagem, geração de Resíduos da Construção Civil (RCC), dentre outros. Dados publicados pela Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição abordam que a construção civil gera em torno de 84 milhões de metros cúbicos de RCC por ano (BARTOLI, 2015).

No setor da construção civil, um dos problemas mais recorrentes e que comprometem a produtividade e eficiência das obras é o desperdício de materiais (SANTANA; SILVA, 2019). Se entender o desperdício como a utilização de material desnecessário à execução de uma atividade, pode-se inferir que a eliminação de alguma etapa construtiva, em consonância a critérios técnicos e normativos, contribui para a redução de desperdícios de materiais e mão de obra. Associado a isso, soma-se na redução de RCC, temática de suma importância atual.

Inobstante a isso, qualidade, conforto, funcionalidade, segurança e durabilidade de uma edificação são requisitos indispensáveis nas etapas construtiva, em quaisquer dos segmentos abrangidos pela ICC, bem como a busca pelo desenvolvimento sustentável nos processos construtivos.

Nesse aspecto, foi instituído pelo Governo Federal o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) a partir da Portaria nº 134, de 18 de dezembro de 1998, do Ministério do Planejamento e Orçamento, tendo por objetivo

básico: “[...] apoiar o esforço brasileiro de modernidade e promover a qualidade e produtividade do setor da construção habitacional, com vistas a aumentar a competitividade de bens e serviços por ele produzidos.” (BRASIL, 1998).

O referido programa veio de encontro na busca da qualidade, produtividade e competitividade das obras de engenharia civil, o que contempla diretamente o setor da construção civil residencial (BRASIL, 1998). Dessa forma, o PBQP-H é uma ferramenta que busca garantir dois pontos fundamentais quando se trata de habitação: a qualidade, com critérios de segurança e durabilidade; e a produtividade do setor da construção a partir da sua modernização. A temática qualidade das obras requer uma análise criteriosa de materiais, processos e procedimentos empregados em cada etapa construtiva de uma edificação. Isso envolve diretamente o planejamento e execução da obra propriamente dita, e até mesmo na qualidade de cada material empregado na edificação (SANTOS, 2003).

Em meio as diversas etapas construtivas de um empreendimento da construção civil, tem-se a fase de acabamento que inclui a execução de revestimentos argamassados e cerâmicos. A realização desses serviços consome materiais em volumes consideráveis, como areia, cimento Portland, cal, água e, por vezes, algum tipo de aditivo. Estima-se um consumo médio de 16 a 20 kg/m²/cm de espessura de revestimento argamassado, com adição de 5% no consumo para argamassas industrializadas (MAPA DA OBRA, 2014).

Ao se analisar os revestimentos sobre alvenarias, ou demais substratos, uma das opções de acabamento é o revestimento cerâmico. Esse tipo de acabamento agrega características importantes a uma edificação, em especial em algumas áreas instaladas, com destaque a durabilidade do material, facilidade de limpeza, higiene, proteção dos elementos de vedação, aspecto estético, dentre outros (REBELO, 2010).

A qualidade dos serviços de instalação de revestimentos cerâmicos, em atendimento aos padrões normativos de controle e execução, é primordial para a durabilidade e desempenho satisfatório de suas funções, bem como a mitigação de manifestações patológicas sejam em ambientes internos ou externos. Por exemplo, deslocamentos, trincas, gretamento e fissuras, eflorescências, manchas e bolor, deteriorização das juntas, dentre outras (FARIA; CASAREK, 2018).

De acordo com uma reportagem publicada na Revista *Téchne* (BARBOZA *et al.*, 2016), o deslocamento tornou-se uma preocupação no ramo da construção civil, com relato de ocorrência desta manifestação patológica com maior frequência a partir de

2012 e aumentos em número de casos no início de 2015, cujos registros iniciais foram no estado de São Paulo e, posteriormente, com abrangência a demais estados.

Promover a aderência entre a placa cerâmica e o substrato está entre as principais funções das argamassas. A aderência está relacionada a capacidade da argamassa de se manter unido a um substrato, como alvenaria e elementos estruturais, ainda que diante de movimentações térmicas e estruturais, choques térmicos, impactos ou outras solicitações (ZANELATO, 2015).

O descolamento da placa cerâmica é, sem dúvida, a patologia mais importante que o revestimento cerâmico pode apresentar, especialmente porque envolve a segurança dos usuários do ambiente, além do comprometimento do aspecto estético, podendo alguns casos, estar relacionado ao desempenho da argamassa colante (SILVA, 2003). Neste contexto, a referida manifestação patológica, em alguns casos, expõe pessoas e imóveis a riscos desnecessários, bem como impactos onerosos para reparos, que podem requerer não apenas a reposição da peça(s) deslocada(s), mas sim a substituição de toda área revestida (MENDES, 2020), além de estar em total discordância dos objetivos de desenvolvimento sustentável.

Com o objetivo de renovar os empreendimentos imobiliários, é comum o surgimento ou adequações de técnicas construtivas para atender as demandas de mercado, tais como sistemas construtivos mais econômicos (NIEHUES; TOMIM, 2018). Em termos práticos, têm sido observados a instalação de revestimentos cerâmicos diretamente sobre a alvenaria, seja ela de blocos de concreto ou cerâmico, sem a execução de camadas de aderência e regularização, ou seja, chapisco e emboço, respectivamente (BARBOZA *et al.*, 2016). Para tanto, é necessário o entendimento quanto ao desempenho de revestimentos cerâmicos aplicados diretamente aos substratos com argamassas colantes, com atenção a possíveis alterações quanto a resistência de aderência durante a vida útil especificado aos revestimentos em comparação a revestimentos aplicados com a preparação dos substratos.

Propõe-se com este trabalho, apresentar um dispositivo alternativo desenvolvido para a realização de ensaios de resistência de aderência à tração de revestimento cerâmicos instalados em ambientes internos, em conformidade com o estabelecido na ABNT NBR 13754 (1996), bem como uma avaliação de sua funcionalidade a partir de revestimentos cerâmicos instalados em substratos compostos por blocos de concreto e cerâmico, com e sem a execução das camadas de chapisco e emboço.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver e avaliar um dispositivo para a avaliação da resistência de aderência a tração de revestimentos cerâmicos em diferentes substratos.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos deste trabalho, listam-se:

- Projetar, executar e calibrar equipamento proposto;
- Estruturar substratos com blocos de vedação de concreto e cerâmico para a realização de ensaios de resistência de aderência à tração;
- Proporcionar condições de comparação entre resistências de aderência para revestimento cerâmico assentado sobre substratos com e sem a execução das camadas de chapisco e emboço;
- Avaliar as formas de ruptura dos corpos-de-prova ocorridos nos ensaios de resistência de aderência à tração e suas influências nos resultados de resistência de aderência às condições analisadas.

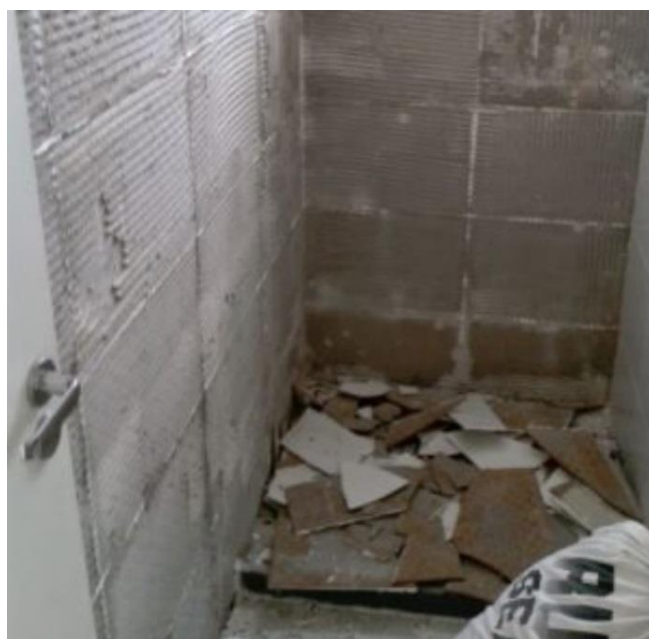
1.3 JUSTIFICATIVA

Os deslocamentos de revestimentos cerâmicos (Figura 1) executados nos inúmeros substratos ainda são uma das principais manifestações patológicas em obras prediais (RECENA, 2017). Como reportado anteriormente, os impactos causados englobam fatores econômicos, ambientais e sociais, na medida que reparos geram RCC e demandam o uso de insumos da construção civil com ônus financeiros e ambientais. Além de requisitos de segurança aos usuários, proteção e estética desempenhados pelos revestimentos argamassados.

Há cinco décadas, a Organização das Nações Unidas (ONU) tem apresentado preocupação referente a necessidade de alteração na forma de desenvolvimento da sociedade, que deve tratar não só de questões econômicas, mas também de questões de ordem ambiental, situação que foi pauta de distintas conferências da ONU. Em 2015, 193 Estados-membros da ONU, incluindo o Brasil, instituíram um compromisso por todos os países que compuseram a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, a chamada Agenda 2030. Este documento tornou-se a

principal referência na formulação e implementação de políticas públicas para governos em todo o mundo. Com o objetivo de erradicação da pobreza e desenvolvimento econômico, social e ambiental em escala global, a Agenda 2030 constitui-se de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas a serem implementadas por todos os países. A Figura 2 apresenta os 17 objetivos instituídos pela Agenda 2030. (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2018).

Figura 1 - Deslocamento de revestimentos cerâmicos em paredes internas.



Fonte: BARBOZA *et al.* (2016)

Figura 2 - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) pela Agenda 2030.



Fonte: NAÇÕES UNIDAS BRASIL (2018).

Embora os 17 ODS sejam indissociáveis, diretamente à construção civil, tem-se os objetivos 11 e 12 que tratam, respectivamente, de cidades e comunidades sustentáveis e o consumo e produção responsáveis. Além disso, tem-se o objetivo 8 sobre crescimento econômico (próprio PIB), objetivo 9 que aborda as indústrias, como a ICC e suas necessidades de inovação e infraestrutura. Critérios ligados a redução de RCC e de retrabalhados nas atividades diárias na construção civil auxiliam na busca pelo desenvolvimento sustentável. Em contrapartida, a execução de tarefas dispensáveis, sob critérios normativos, ou ainda a utilização de técnicas que no futuro conduzirão a manifestações patológicas com consequente necessidade de intervenções, gastos desnecessários e geração de resíduos, contrapõem-se aos objetos estabelecidos da Agenda 2030.

Por vezes, é mencionado que a construção civil brasileira apresenta baixa produtividade se comparada às indústrias de outros setores. Diversos fatores são responsáveis por esta problemática, entre os quais o uso de métodos ultrapassados, a falta de definição e padronização dos processos utilizados, desperdícios, dentre outros (PINHEIRO, 2021). Os desperdícios geram perdas quanto a ineficiências ao uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades acima daquelas necessárias à produção da edificação (MORAES, 1997).

De acordo com John e Agopyan (2000), resíduos gerados na construção civil são oriundos nas fases de construção, manutenções e reformas, estes em decorrências de manifestações patológicas, reformas e por descartes de componentes que tenham degradado e atingido sua vida útil. Em termos econômicos, reparos de revestimentos cerâmicos com manifestações patológicas podem corresponder ônus a partir de R\$ 100,00/m². Os estudos realizados pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (Sinduscon-SP) indicaram que deslocamentos cerâmicos já causaram prejuízos às construtoras de, pelo menos, R\$ 51 milhões em levantamentos feitos entre 2011 a 2015 (BARBOZA *et al.*, 2016).

A compreensão sobre a importância da adequada preparação dos substratos com as camadas de aderência (chapisco) e regularização (emboço) requer respostas práticas, principalmente quanto a influência do material de substrato, com destaque aos blocos cerâmicos. Estes materiais são conhecidos por maior absorção de água, em comparação aos blocos de concreto e, assim, a sua adequada preparação conforme requisitos normativos (HATTGE, 2004). É importante ressaltar que a ABNT NBR 13754 (1996), em vigência, especifica a possibilidade de aplicação de

revestimentos cerâmicos sobre alvenaria de blocos vazados de concreto, revestida ou não com chapisco e emboço. Contudo, alvenaria de blocos cerâmicos requer o revestimento prévio com as camadas supracitadas.

O entendimento acerca da possível viabilidade técnica da execução de revestimentos cerâmicos sobre substratos de alvenaria sem a execução das camadas de aderência e regularização possibilita economia de materiais, mão de obra e tempo de execução e, como consequência, menores custos finais de um empreendimento, com impactos proporcionais ao porte dos empreendimentos.

Os mecanismos para se avaliar o comportamento de resistência de aderência à tração para as práticas rotineiras executadas com aplicação de revestimentos cerâmicos com ausência de camadas de preparação sobre o substrato justifica a realização desta pesquisa, o qual requereu o desenvolvimento, elaboração e avaliação de um dispositivo para a referida análise. A redução de desperdícios e a aplicação de técnicas construtivas eficientes e que resultem em produto com desempenho adequado devem ser uma busca constante na construção civil (PINHEIRO, 2021).

Com a execução dos ensaios propostos, além da resistência de aderência, propõem-se analisar a relação dos resultados de resistência de aderência aos tipos de rupturas dos corpos de prova, como meio de se compreender a ocorrência de manifestações patológicas por deslocamentos cerâmicos. Além disso, equipamentos disponíveis no mercado, destinados a realização de ensaios de resistência de aderência à tração, em geral têm custos de aquisição e de manutenção elevados, requerem frequentes manutenções e aferições que normalmente estão disponíveis apenas em municípios de maior porte. Portanto, justifica-se o desenvolvimento e avaliação de um dispositivo para ensaios de resistência de aderência à tração de revestimentos cerâmicos.

1.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

O dispositivo elaborado apresenta como intuito estudos de resistência de aderência (R_a) de revestimentos cerâmicos em ambientes internos e sobre condições de aplicação especificados na ABNT NBR 13754 (1996). A referida delimitação refere-se a determinações de resistência de aderência com resultados mínimos de 0,3 MPa.

Conforme abordado em Materiais e Métodos, foram necessárias o uso de placas metálicas quadradas em dimensões menores (50 mm x 50 mm) em relação a

especificações normativas (100 mm x 100 mm), devido a capacidade de leitura do medidor de carga aplicado (180 kg). Para revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com argamassa colante, a ABNT NBR 13755 (2017) requer o uso de dispositivos que possam avaliar medidas de Ra de, pelo menos, 0,5 MPa.

Como será abordado em Materiais e Métodos, devido ao posicionamento da balança estar abaixo da estrutura que compõe o dispositivo, as leituras realizadas são referentes a cargas aplicadas no sentido vertical pela haste rosqueada. Neste caso, a realização de arrancamentos com cargas na horizontal não é possível na proposta apresentada. Contudo, ajustes no dispositivo são possíveis para a aplicação de cargas horizontais. Apesar desta limitação, o dispositivo construído é capaz de avaliar as cargas aplicadas e o tipo de ruptura do conjunto (substrato, argamassa e cerâmica) observado nas condições avaliadas neste trabalho.

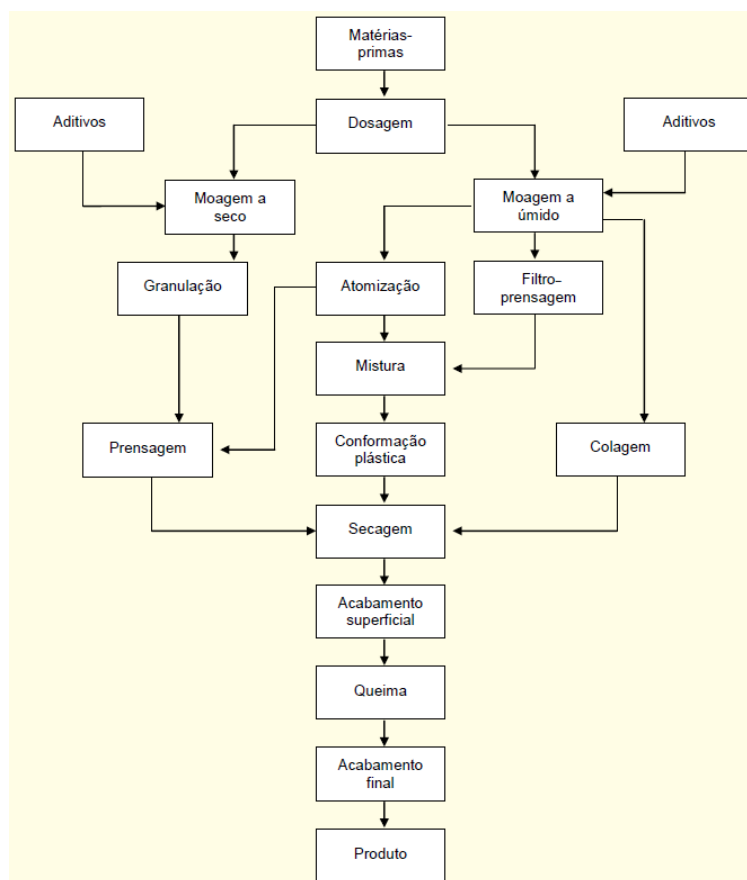
Destaca-se que o dispositivo elaborado para a realização da pesquisa proposta, ainda não apresenta a mesma precisão fornecida por instrumentos aferidos para este fim. Contudo, diante do objetivo específico da pesquisa de comparar resistências de aderência de revestimentos cerâmicos aplicados sobre alvenarias com blocos de concreto e cerâmico, com e sem a execução de chapisco e emboço, isto não foi uma interferência direta na conclusão do trabalho, cujo objetivo principal foi desenvolver o aparato para avaliar a resistência de aderência e conseguiu-se atingir a eficiência da resistência de aderência de forma satisfatória.

2. SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO

2.1 INTRODUÇÃO

O revestimento cerâmico configura-se como placas de diferentes dimensões assentadas sobre substratos em obras de engenharia civil. São materiais compostos por argilas e outras matérias primas inorgânicas conformadas por extrusão prensagem ou por outros processos (ABNT NBR 13006, 2020). Atualmente o termo revestimento é empregado para definir uma camada externa, formada pela aplicação de um material específico para cobrir a alvenaria. Azulejos, porcelanatos, cerâmicas e pastilhas são alguns dos tipos de revestimento mais conhecidos. Para revestimentos de chão, denominam-se de pisos ou pavimentos (OLIVEIRA; HOTZA, 2011). A Figura 3 descreve as etapas de processo de fabricação de revestimentos cerâmicos.

Figura 3 - Fluxograma do processo de fabricação de revestimentos cerâmicos.



Fonte: OLIVEIRA; HOTZA (2011).

De acordo com Silva *et al.* (2015), materiais cerâmicos tornaram-se, com o passar do tempo, mais do que um item de decoração e acabamento. Com as novas

tecnologias aplicadas à técnica milenar de se produzir cerâmica, obteve-se um elemento que passou a ser, na maioria das vezes, de suma importância na construção civil (OLIVEIRA; HOTZA, 2011).

Os revestimentos cerâmicos exercem funções relevantes em uma edificação. Destacam-se a proteção e a decoração. Proteger está relacionado à garantia de maior durabilidade e segurança da base e estrutura da construção. Decorar destina-se a promover o acabamento e conforto visual ao ambiente (REBELO, 2010).

Para cada aplicação, vale ressaltar a necessidade de utilização dos insumos adequados e da observação das questões normativas sobre o assunto. Dentre tais parâmetros, enumeram-se a absorção de água, a resistência a abrasão superficial, a resistência ao ataque químico, a resistência a manchas e a resistência de aderência por tração (ABNT NBR ISO 10545-1, 2017). Dentre esses, as cerâmicas são comercialmente conhecidas em termos de absorção de água e resistência à abrasão.

Rebelo (2010) enumera as principais vantagens do uso de revestimentos cerâmicos na construção civil, tais como:

- durabilidade e facilidade de limpeza do material de acabamento;
- elemento de proteção à base e com caráter estético;
- resistência ao fogo;
- higienização do ambiente;
- contribuição aos confortos térmicos e acústicos;
- estanqueidade a fluidos (água e gases), dentre outras.

Inobstante as vantagens supracitadas, a execução do revestimento cerâmico requer cuidados especiais, desde o planejamento de seu emprego em função de suas características, assentamento cuidadoso e em atendimento aos requisitos normativos, bem como a sua manutenção durante o tempo de vida útil (REBELO, 2010).

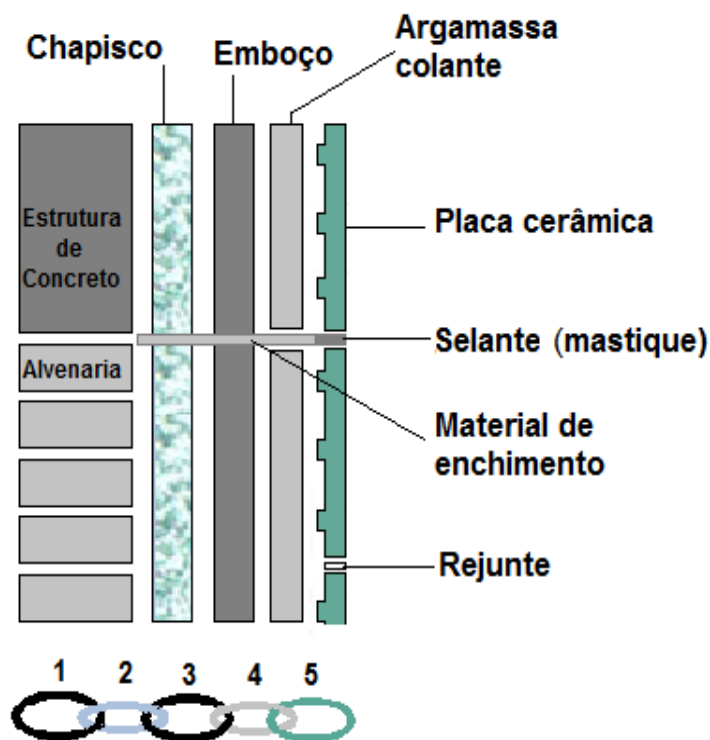
2.2 CAMADAS DO SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO

2.2.1. Visão geral

Os sistemas de revestimento cerâmico são constituídos por sucessão de cinco camadas (Figura 4) que devem apresentar um acabamento monolítico aderido ao substrato (BAÍÁ; SABBATINI, 1998). A norma NBR 13754 (1996) estabelece os requisitos para a execução, fiscalização e recebimento de revestimento de paredes internas com placas cerâmicas assentadas com argamassa colante. As orientações

normativas se aplicam ao assentamento de cerâmicas a diferentes bases, como concreto (moldado *in loco* e pré-moldados), alvenarias de tijolos maciços, cerâmicos, vazados de concreto, concreto celular autoclavado, sílico-calcáreos.

Figura 4 - Modelo das camadas do Sistema de Revestimento Cerâmico.



Fonte: BAÍA; SABBATINI (1998), adaptada.

2.2.2. Substrato

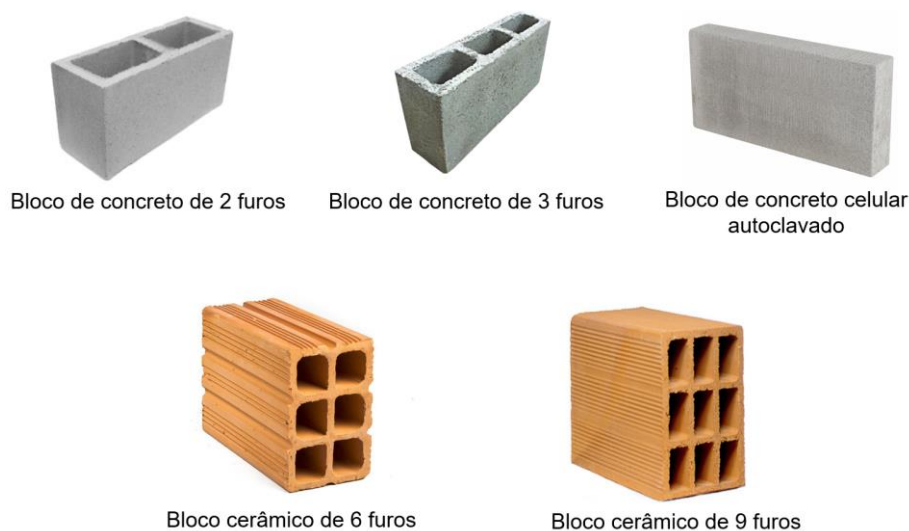
O primeiro componente (Figura 4) é o substrato (ou base), alvenaria ou estrutura de concreto, que são elementos de sustentação dos revestimentos constituídos por superfície plana, sobre a qual é aplicada a argamassa colante (ABNT NBR 13754, 1996).

Os sistemas de vedações verticais são definidos como um conjunto de elementos e componentes que tem como função básica vedar a edificação e seus ambientes internos (ABNT NBR 13575, 2013). Dessa forma, a vedação vertical engloba paredes, esquadrias e revestimentos. Especificamente as alvenarias, podem ser formadas por tijolos, pedras ou blocos, unidos com ou sem a presença de argamassas de assentamento para a formação do elemento vertical (SILVA; MOREIRA, 2017).

De acordo com a sua função, podem ser classificadas em alvenarias de vedação ou estrutural e os principais componentes são os blocos cerâmicos ou concreto (Figura 5). A escolha do bloco adequado depende de questões específicas, tais como:

orçamentos e disponibilidade na região, propriedades físicas e térmicas dos materiais, tempo de serviço para confecção das paredes, dentre outras. Em função do tipo de material dos blocos, a ABNT NBR 13754 (1996) aborda sobre a aplicação ou não de camadas de emboço e reboco em paredes internas com placas cerâmicas.

Figura 5 - Tipos e características dos blocos empregados na alvenaria de vedação.



Fonte: Do Autor.

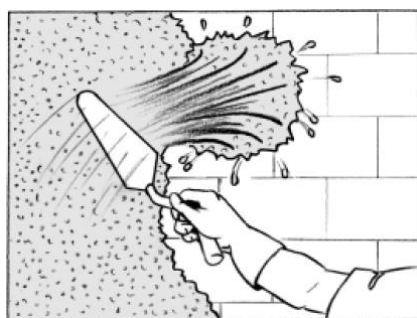
2.2.3. Chapisco

O segundo elemento (Figura 4) é o chapisco, camada de revestimento aplicada diretamente sobre a base, com a finalidade de uniformizar a absorção da superfície e melhorar a aderência da camada subsequente. Para chapisco convencional é especificado o traço em volume de 1:3, com uso de cimento Portland e areia grossa úmida (ABNT NBR 13754, 1996).

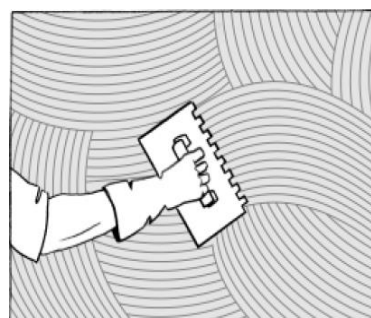
De acordo com a ABCP (2002), o chapisco pode ser realizado, basicamente, de três maneiras:

- **convencional:** consiste no lançamento vigoroso de uma argamassa fluida sobre a base com uma colher de pedreiro. A textura final é de uma película rugosa, aderente e resistente (Figura 6a);
- **desempenado:** usualmente aplicado sobre a estrutura de concreto e com uso de desempenadeira dentada. Esse tipo de chapisco é feito com uma argamassa industrializada para esse fim (Figura 6b);
- **rolado:** feito com uma argamassa fluida obtida por meio da mistura de cimento Portland, areia e aditivo polimérico. Pode ser aplicada tanto na estrutura como na alvenaria, com o uso de rolo para textura acrílica (Figura 6c).

Figura 6 - Formas de execução da camada de chapisco.



(a) Chapisco tradicional.



(b) Chapisco desempenado.



(c) Chapisco rolado.

Fonte: ABCP (2002).

No mercado há dispositivos especificamente desenvolvidos para lançamento do chapisco ao substrato. Constituem-se de recentes alternativas que, em geral, visam aumentar produtividade e diminuição de desperdícios, bem como chapiscos que melhor auxiliam como camadas de aderência. Para tanto, menciona-se a opção do chapisco projetado que é empregado tanto para áreas internas quanto externas. Difere dos demais processos de aplicação do chapisco em relação a utilização de uma máquina aplicadora de argamassa, ou projetores de argamassa (ANJOS, 2018).

Os projetores de argamassa comumente utilizados no Brasil podem ser divididos entre os projetores com recipiente acoplados e os projetores com bomba. No sistema de projeção com bombas (Figura 7a) o equipamento recebe a argamassa recém preparada e conduzida por meio do mangote até a pistola de projeção e por fim lançada por ar comprimido. O projetor com recipiente acoplado (Figura 7b) possui menor rendimento por precisar ser abastecido com argamassa fresca constantemente em seu recipiente antes de projetá-la na superfície. Nesse último caso, há necessidade de mais força física e energia do operador, uma vez o recipiente fica grande parte do tempo cheio de argamassa (ANJOS, 2018).

Figura 7 - Projetores de argamassa.



(a) Projektor com bomba modelo MPA 120.



(b) Projektor com recipiente acoplado.

Fonte: ANJOS (2018).

2.2.4. Emboço

O terceiro elemento (Figura 4) é o emboço, camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a base, de modo a proporcionar uma superfície que permita receber outra camada de reboco ou de revestimento decorativo (ABNT NBR 13529, 2013). O traço de emboço é especificado em volumes aparentes, por exemplo, de 1:1:6 a 1:2:9 de cimento Portland, cal hidratada e areia média úmida, nesta ordem (ABNT NBR 13754, 1996).

Destaca-se que a norma supracitada indica, para substratos constituídos por concreto e alvenarias de blocos vazados de concreto, concreto celular e sílico-calcáreos, a não execução de camadas de chapisco e emboço, ao contrário de blocos cerâmicos, que requerem as referidas camadas de preparação da base. Há a previsão em norma do preparo manual e mecânico das argamassas, cada qual com procedimentos específicos e criteriosos, de modo a obter uma argamassa sem grumos, pastosa e aderente (ABNT NBR 13754, 1996).

Referente a camada de regularização, a norma ABNT NBR 13749 (2013) aborda espessuras admissíveis para revestimentos interno ($5 \text{ mm} \leq \text{espessura} \leq 20 \text{ mm}$) e externo ($20 \text{ mm} \leq \text{espessura} \leq 30 \text{ mm}$). A realização de revestimentos argamassados com espessuras dentro de faixas normativas é possível pela fixação de taliscas, compostas por peças planas de material cerâmico assentadas com argamassa idêntica do emboço (ABNT NBR 7200, 1998).

O processo de execução da camada de emboço abrange a observância de prumo, alinhamento, fixação de taliscas, a execução de mestras e o preenchimento com argamassa dos espaços entre as mestras, sumarizadas a seguir:

- a fixação das taliscas é feita com o auxílio de linhas referenciais instaladas no sentido vertical horizontal, para se garantir que a espessura da camada não exceda o estabelecido em norma (ABNT NBR 13749, 2013). A Figura 8a apresenta a instalação da linha referencial superior, com auxílio de pregos, a 2 cm da alvenaria. Na Figura 8b, tem-se a colocação da linha horizontal inferior, com referência ao prumo obtido a partir da linha superior.

Figura 8 - Instalação de linhas referenciais para fixação das taliscas.



(a) Linha superior de referência



(b) Instalação da linha horizontal inferior

Fonte: Construção passo-a-passo (2009).

- com a aplicação de porções de argamassa em pontos específicos, cuja distância entre si não exceda o comprimento da régua utilizada para sarrafeamento, são instaladas as taliscas. A Figura 9 apresenta a instalação de taliscas em alguns pontos da superfície referenciais.

Figura 9 - Instalação das taliscas.



Fonte: Construção passo-a-passo (2009).

- após umedecer a superfície, é efetuado o lançamento de argamassa nos alinhamentos verticais entre as taliscas (Figura 10a), com posterior sarrafeamento da área (Figura 10b) com a utilização de uma régua de alumínio, de forma a garantir a criação de superfícies emboçadas referenciais verticais

denominadas mestras. Estas garantem o correto prumo e alinhamento da superfície após a realização de toda camada de emboço.

Figura 10 - Execução das mestras.



(a) Lançamento da argamassa



(b) Processo de sarrafeamento

Fonte: Construção passo-a-passo (2009).

- finalizado o desempenho das mestras e seu endurecimento, é efetuado o preenchimento do pano de revestimento entre as mestras (Figura 11a), com posterior sarrafeamento com uma régua de alumínio, e desempenho de toda a superfície (Figura 11 - Preenchimento e sarrafeamento do emboço realizado entre duas mestras.Figura 11b).

Figura 11 - Preenchimento e sarrafeamento do emboço realizado entre duas mestras.



(a) Preenchimento do pano

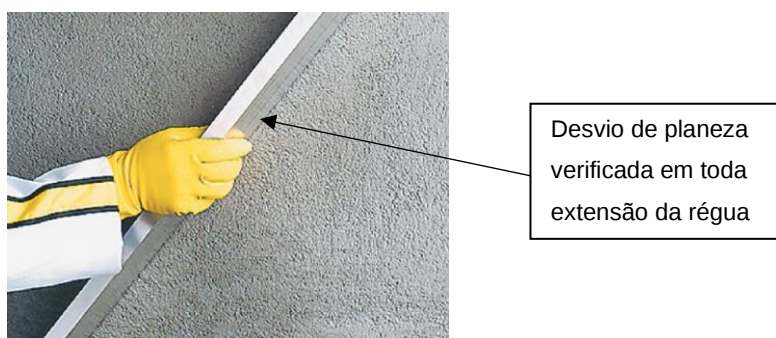


(b) Processo de sarrafeamento

Fonte: Construção passo-a-passo (2009).

O assentamento de revestimentos cerâmicos em paredes internas deve ocorrer após 7 (sete) dias de cura do emboço e de 14 (dias) sobre as demais bases. Além disso, o desvio de planeza da superfície (alvenaria ou concreto) não deve ser superior a 3 mm pela verificação com régua de sarrafeamento (ABNT NBR 13754, 1996). A Figura 12 apresenta o procedimento de verificação da planeza da base para o recebimento do revestimento cerâmico.

Figura 12 - Verificação da planeza da base.



Fonte: WEBER QUARTZOLIT (2022), adaptada.

2.2.5. Argamassa colante

O quarto elemento (Figura 4) é a argamassa colante, mistura constituída de aglomerantes hidráulicos, agregados minerais e aditivos, que possibilita, quando preparada em obra com a adição exclusiva de água, a formação de uma pasta viscosa, plástica e aderente para uso no assentamento de revestimentos cerâmicos (ABNT NBR 13755, 2017). É importante ressaltar que existem particularidades quanto a classificação e emprego deste insumo, mais precisamente em relação ao ambiente e as condições do local de utilização do material (ABNT NBR 14081-1, 2012):

- **argamassa colante industrializado tipo I – AC I:** produto industrializado para ser usado tipicamente em revestimentos internos, exceto em saunas, churrasqueiras, estufas e outros tipos de revestimentos especiais;
- **argamassa colante industrializado tipo II – AC II:** produto industrializado com propriedades adesivas próprias para uso em revestimentos de pisos e paredes tanto internas quanto externas, os quais estarão sujeitos a ciclos de variações termo-higrométrica e à ação do vento;
- **argamassa colante industrializado tipo III – AC III:** produto industrializado e indicado para maiores solicitações de resistência de aderência, como fachadas de edifícios e bases revestidas com cerâmicas de maiores dimensões.

A escolha do tipo de argamassa colante pode influenciar na aderência dos

revestimentos cerâmicos aos substratos. Para cerâmicas de menores porosidades, por exemplo, os porcelanatos, há menor ancoragem mecânica de aderência com a argamassa e, assim, as argamassas colantes deverão ser mais aditivadas para se obter a adesividade adequada (BARBOZA *et al.*, 2016).

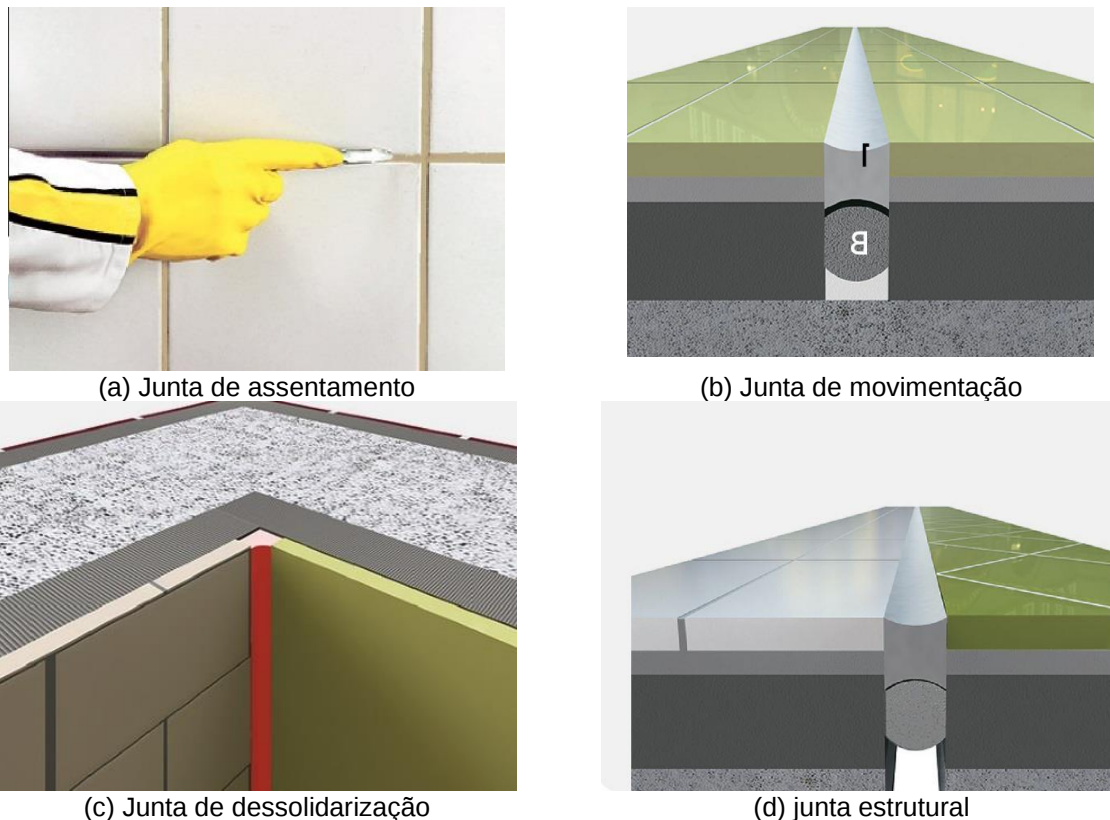
A preparação da argamassa colante tem critérios específicos a serem observados que abrangem a quantidade de água, formas de preparo manual ou mecânico, tempos de repouso, de utilização após o preparo e proteção da chuva, sol e vento (ABNT NBR 14081-1, 2012). Referente ao período máximo de uso das argamassas colantes, a ABNT NBR 13754 (1996) estabelece intervalo de até 2 horas e 30 minutos, bem como ser vedada a adição de água ou demais produtos.

No planejamento do revestimento cerâmico devem ser previstas a execução de juntas que têm finalidades distintas e classificadas segundo a norma ABNT NBR 13754 (1996):

- **juntas de assentamento (ou rejuntas):** argamassa aplicada entre as placas cerâmicas com objetivo de compensar as variações entre as mesmas, proporcionar melhores acomodações das movimentações entre base e cerâmicas, facilitar o alinhamento e harmonização estética entre placas, bem como a futuras substituições de peças cerâmicas. Da mesma forma que a argamassa colante, o tipo de argamassa para rejuntamento a ser usado depende do ambiente em que será aplicado (Figura 13a);
- **juntas de movimentação:** espaçamento em toda a camada de argamassa executado para aliviar tensões provocadas pela movimentação da parede ou do próprio revestimento (Figura 13b);
- **juntas de dessolidarização:** apresenta a mesma função e forma de execução que a junta de movimentação, porém localizado no perímetro da área revestida, encontro com pisos e forros, colunas, vigas, ou com outros tipos de revestimentos, e onde há mudança de materiais que compõem a parede (Figura 13c). A largura dessa junta deve ser dimensionada em função das movimentações previstas para a parede e em função da deformabilidade admissível do selante, respeitado o coeficiente de forma (largura/profundidade da junta) que deve ser especificado pelo fabricante do selante (ABNT NBR 13754, 1996);
- **juntas estruturais:** cortes ou espaços vazios existentes na estrutura de concreto para absorver as movimentações estruturais da construção, ou seja,

devem ser respeitadas em posição e largura em toda a espessura do revestimento (Figura 13d).

Figura 13 - Tipos de juntas em obras prediais.



Fonte: WEBER QUARTZOLIT (2022).

As juntas de movimentação e dessolidarização são aplicáveis em paredes com área igual ou maior que 32 m² ou sempre que uma das dimensões do revestimento for igual ou maior que 8 m (ABNT NBR 13754, 1996). Para locais expostos à insolação e/ou umidade, as juntas de movimentação devem ser executadas em paredes com área igual ou maior que 24 m², ou sempre que uma das dimensões do revestimento for igual ou maior que 6 m (ABNT NBR 13754, 1996).

2.2.6. Revestimento cerâmico

As placas cerâmicas, quinto elemento indicado na Figura 4, devem ser preparadas previamente para sua instalação e devem estar isentas de pó, partículas soltas, notadamente no tardo, de modo a não comprometer as propriedades de aderência nos estados fresco e endurecido. Devem ser assentadas a seco sobre a argamassa colante estendida sobre a superfície da base pela sua aplicação com desempenadeira dentada.

Placas cerâmicas com área de até 400 cm² requerem o uso de

desempenadeiras dentadas com formato quadrado dos dentes 6 x 6 x 6 mm. Para placas cerâmicas com área de superfície superior a 400 cm², especifica-se dentes com quadrados de 8 x 8 x 8 mm, com atenção à dupla colagem em placas cerâmicas com dimensões maiores que 900 cm², ou seja, aplicar a argamassa colante na base e no tardo das placas (ABNT NBR 13754, 1996). O umedecimento da base das placas cerâmicas só é necessário se os locais de assentamento estiverem sujeitos à insolação e/ou ventilação.

A norma ABNT NBR 13754 (1996) prevê três critérios de tolerância na execução do revestimento de paredes internas com placas cerâmicas, com utilização de argamassa colante:

- o primeiro critério é a planeza da superfície revestida com cerâmica. As irregularidades graduais entre as placas cerâmicas não devem ser maiores que 3 mm em relação a uma régua com 2 m de comprimento (ABNT NBR 13754, 1996);
- o segundo aspecto está relacionado ao alinhamento das juntas, o qual não deve ter afastamento maior que 1 mm entre as bordas das placas cerâmicas teoricamente alinhadas e a borda de uma régua com 2 m de comprimento, faceada com as placas cerâmicas das extremidades da régua (ABNT NBR 13754, 1996);
- por último, a aderência. Sempre que a fiscalização julgar necessário, deve ser feita a verificação da aderência. As placas cerâmicas devem estar aderidas ao substrato e os ensaios de determinação de resistência de aderência, após a cura de 28 dias da argamassa colante, em seis ensaios realizados, de modo que pelo menos quatro valores devem ser iguais ou maiores que 0,3 MPa (ABNT NBR 13754, 1996).

2.3 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

2.3.1. Conceitos iniciais

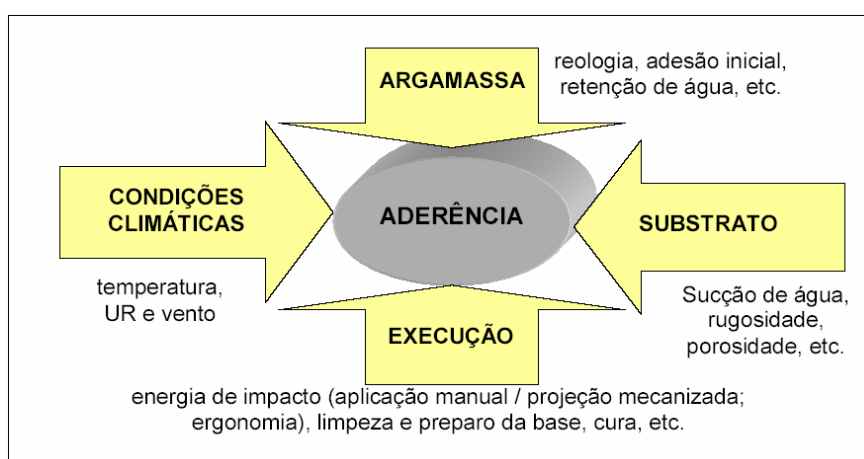
A aderência é uma propriedade que revestimentos cerâmicos têm de manter-se fixo ao substrato na presença de tensões normais e tangenciais no contato da base com o revestimento, como movimentações térmicas e estruturais (SILVA *et al.*, 2015).

A ABNT NBR 13754 (1996) aborda que as placas cerâmicas deverão estar

aderidas ao substrato. Em situações especificadas entre as partes, deve-se verificar o comportamento quanto a resistência de aderência à tração de revestimentos cerâmicos assentados com argamassa colante, conceituada como a “tensão máxima suportada por um corpo-de-prova, quando submetido a esforço normal de tração simples” (ABNT NBR 13754, 1996, p. 10). Então, a aderência entre a argamassa de emboço e a base constitui-se a partir da penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação (IOPPI, 1995).

Para que o revestimento cerâmico fique aderido à base, depende-se de vários fatores, tais como condições climáticas, propriedades das argamassas de regularização e colante, os procedimentos de execução, a natureza e as propriedades do substrato, a limpeza da superfície (CARASEK, 2007; SILVA *et al.*, 2015), dentre outros (Figura 14).

Figura 14 - Fatores que influenciam no comportamento de aderência sobre substrato poroso.



Fonte: CARASEK (2007)

Além disso, a preparação das argamassas, tanto de chapisco e emboço, quanto de argamassa colante, é outro fator relevante para a obtenção de resultados satisfatórios de desempenho dos revestimentos cerâmicos. No caso de argamassas industrializadas, uma atenção especial é em relação à quantidade de água de amassamento, sendo importante observar a dosagem indicada na embalagem, geralmente expressa em litros.

Destacamentos ou descolamentos de revestimentos cerâmicos, manifestação patológica diretamente relacionada a falhas de resistência de aderência, podem ocorrer devido a diversos fatores, tais como (REBELO, 2010):

- variações de temperatura;

- influência de cargas sobrepostas logo após o assentamento provocando tensões de compressão sobre a camada superficial;
- ausência de juntas de dilatação;
- ausência de esmagamento dos cordões de argamassa colante, com consequente falta de impregnação de material no verso da placa cerâmica ou mesmo na base;
- instabilidade do suporte (base), executado sobre a presença de alguma umidade, dentre outros.

Dados apresentados por Barboza *et al.* (2016), que tratam de uma pesquisa realizada pela SindusCon-SP para investigar deslocamentos em revestimentos cerâmicos de paredes internas, enumeram a ocorrência desta manifestação patológica em 66 obras no estado de São Paulo (Figura 15a). Este quantitativo representou o total de 510 mil metros quadrados de deslocamentos, além de 51,5% dos casos tratarem de obras de menos de 1 ano (Figura 15b). Além disso, outro dado relevante é que 72,7% dos deslocamentos ocorreram em aplicações com simples colagem de argamassa colante (Figura 15c). Ressalta-se que a ABNT NBR 13754 (1996) indica a aplicação de dupla colagem em cerâmicas com áreas superiores a 900 cm².

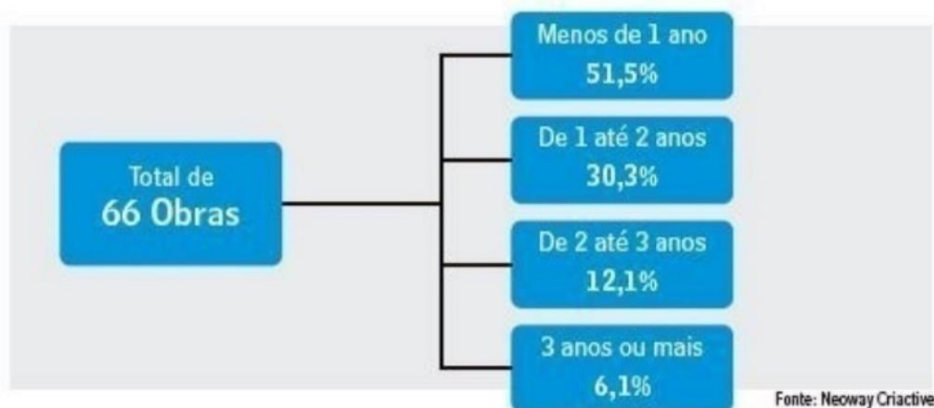
Figura 15 - Deslocamento de revestimento cerâmico em paredes internas.



(a) Exemplo de deslocamento.

Fonte: BARBOZA *et al.* (2016).

Figura 15 - Deslocamento de revestimento cerâmico em paredes internas (continuação).



(b) Período de deslocamento a partir da aplicação do revestimento.



(c) Tipos de colagem de cerâmica (por camadas de argamassa)

Fonte: BARBOZA *et al.* (2016).

2.3.2. Ensaios de resistência de aderência em revestimentos cerâmicos internos

O ensaio consiste na determinação da resistência de aderência (R_a) à tração simples em revestimentos internos pela aplicação de uma força de tração normal em uma pastilha metálica aderida ao corpo-de-prova cerâmico, ambos de superfície quadrada com área igual a 100 cm². A determinação de R_a é após 28 dias de cura da argamassa colante e a colagem das pastilhas metálicas ao revestimento executado com cola à base de resina epoxilica, bem como a preparação de, no mínimo, seis corpos-de-prova (ABNT NBR 13754, 1996).

Após as condições preparadas, usa-se o equipamento de tração com aplicação de carga de maneira lenta e progressiva, sem interrupções, e com velocidade de

carregamento de (250 ± 50) N/s (ABNT NBR 13754, 1996). A Figura 16 exemplifica a realização deste ensaio.

A área das placas cerâmicas (10 cm x 10 cm) que serão submetidas a carga de tração durante o ensaio, após a colagem da pastilha metálica, é estabelecida ao “cortar o revestimento cerâmico após a secagem da cola, com auxílio do dispositivo de corte, usando o contorno da pastilha metálica como guia para o disco” (ABNT NBR 13754, 1996, p. 10). A Figura 17 apresenta a realização dos procedimentos para determinação de resistência de aderência à tração de revestimentos cerâmicos. Ressalta-se que Pereira (2013) realizou o procedimento de corte prévio das peças cerâmicas devido a questões operacionais de se evitar danos ao substrato durante o processo de corte. Procedimento semelhante foi adotado na execução desse trabalho e encontra-se detalhado no item 3.3.

Figura 16 - Procedimento para determinação de resistência de aderência à tração de revestimentos cerâmicos segundo a ABNT NBR 13754 (1996).



Fonte: PANTOJA *et al.* (2020).

Como critério de aceitação, a norma ABNT NBR 13754 (1996) estabelece que, pelo menos, quatro resultados de corpos-de-prova devem ser iguais ou maiores que 0,3 MPa. Por último, a norma classifica os tipos de rupturas entre as interfaces ou no interior de uma das camadas em oito tipos, que deverão constar na análise para este ensaio, a saber:

“[...]”

- a) ruptura na interface placa cerâmica/argamassa colante;
- b) ruptura no interior da argamassa colante;
- c) ruptura na interface argamassa colante/substrato;
- d) ruptura no interior da argamassa do substrato;
- e) ruptura na interface substrato/base;
- f) ruptura no interior da base;
- g) ruptura na interface pastilha/cola; ou
- h) ruptura na interface cola/placa cerâmica”.

(ABNT NBR 13754, 1996, p. 11).

Figura 17 - Procedimento para determinação de resistência de aderência à tração de revestimentos cerâmicos.



(a) Aplicação dos corpos-de-prova na base com argamassa colante e aderência das placas metálicas de 100 cm² sobre os corpos-de-prova.



(b) Realização de cortes com dispositivo de corte no contorno dos corpos-de-prova após secagem das pastilhas metálicas.



(c) Equipamento de arrancamento dos corpos-de-prova cerâmicos.

Fonte: PEREIRA (2013).

Para rupturas obtidas na interface pastilha/cola e cola/placa cerâmica, a ABNT NBR 13754 (1996) indica a ocorrência de falhas na colagem das pastilhas. Então, resultados inferiores a 0,3 MPa para estas condições de ruptura deverão ser desprezados.

Importante destacar que, para revestimentos cerâmicos executados em paredes externas e fachadas, as condições de ensaios e critérios de aceitação são abordadas na ABNT NBR 13755 (2017). As principais diferenças em relação a revestimentos cerâmicos em paredes internas são quanto a amostragem mínima a ser aplicada nas áreas inspecionadas, assim como os critérios de aceitação, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios de aceitação do sistema de revestimentos em paredes externas.

Ensaio	Amostragem mínima	Resultado (MPa)	Critérios
Resistência superficial	12 CP a cada 2.000 m ²	Pelo menos oito CP $\geq 0,5$ $0,3 \leq$ oito CP $< 0,5$ Menos de oito CP $\geq 0,3$	Aprovado Consultar responsável pelo projeto Reprovado
Aderência das placas ao emboço	12 CP a cada 2.000 m ²	Pelo menos oito CP $\geq 0,5$ $0,3 \leq$ oito CP $< 0,5$ Menos de oito CP $\geq 0,3$	Aprovado Consultar responsável pelo projeto Reprovado

Fonte: ABNT NBR 13755 (2017), adaptada.

Outra relevância sobre a norma supracitada é que, com a sua segunda edição (2017), há a necessidade de projeto de fachada, bem como a sugestão de ensaios de resistência superficial do emboço (Tabela 1). Os referidos cuidados agregam para a mitigação de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos em fachadas, devido a inúmeros fatores envolvidos e a quantidades de deslocamentos que envolvem fachadas de edifícios (SYMANSKI, 2019).

2.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS

De acordo com Medeiros e Sabbatini (1999) as manifestações patológicas, muitas vezes, são resultados de uma combinação de fatores. As fissuras e descolamentos nos revestimentos cerâmicos, por exemplo, podem ser resultados da propagação de fissuras ocorridas nas suas interfaces com a estrutura, falta de reforço no substrato (emboço) e de juntas (movimentação, dessolidarização e estrutural), preenchimento inadequado das juntas, falta de argamassa de assentamento no tardo das placas e a não observação dos limites de tempos em aberto e de ajuste dos materiais de assentamento.

Ao mencionar as principais anomalias observadas ao longo do serviço, Melo (2014) destaca a influência dos substratos para o adequado desempenho dos revestimentos cerâmicos, visto que é a base do componente responsável pela

sustentação da camada de acabamento. Contudo, as origens das manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos, em geral, estão relacionadas as especificações de projeto, a execução do serviço de assentamento e a manutenção (RHOD, 2011).

A falta de um projeto de revestimento, o qual responde pela qualidade do processo dos materiais e execução (assentamento) e dos métodos de preservação (uso/manutenção) ao longo da vida útil do edifício, podem também se responsabilizar pelo surgimento de manifestações patológicas (REBELO, 2010).

Além das manifestações patológicas relacionadas a falta de aderência, objeto de estudo deste trabalho, também pode-se destacar (RHOD, 2011):

- **trincas, gretamentos e fissuras:** podem ocorrer devido a retração e dilatação das peças em detrimento de variações térmicas ou de umidade. Pode também serem influência da absorção excessiva de parte das deformações da estrutura pela ausência de detalhes construtivos como vergas, contravergas, pingadeiras, platibandas ou juntas de dilatação. Nesse caso, isso é mais comum nos primeiros e últimos andares dos edifícios.
- **eflorescências:** geralmente ocorrem devido a presença de umidade na base do revestimento em conjunto com sais livres, exemplificado na Figura 18. Esta água pode ter origens diversas, dentre elas: infiltrações nas trincas e nas fissuras, vazamentos nas tubulações, vapor condensado dentro das paredes, ou ainda da execução das diversas camadas do revestimento.

Figura 18 - Presença de eflorescência no rejuntamento.



Fonte: CICHINELLI (2006).

- **manchas e bolor:** o termo bolor ou mofo é entendido como a colonização por diversas populações de fungos. O desenvolvimento desses fungos em revestimentos internos ou de fachadas causam alterações estéticas pela formação de manchas escuras (Figura 19). Normalmente são provocadas por infiltrações de água e frequentemente estão associados aos descolamentos e desagregação dos revestimentos.

Figura 19 - Presença de fungos no rejuntamento.



Fonte: CICHINELLI (2006).

- **deterioração das juntas:** normalmente essa manifestação patológica está associada a erros construtivos de preenchimento das juntas de assentamento (rejuntas) e de movimentação, com impactos no desempenho dos sistemas de revestimentos cerâmicos. Os primeiros sinais desta ocorrência são a perda de estanqueidade da junta de assentamento e o envelhecimento do material de preenchimento, como exemplificado na Figura 20.

Figura 20 - Falha no selante da junta de movimentação.



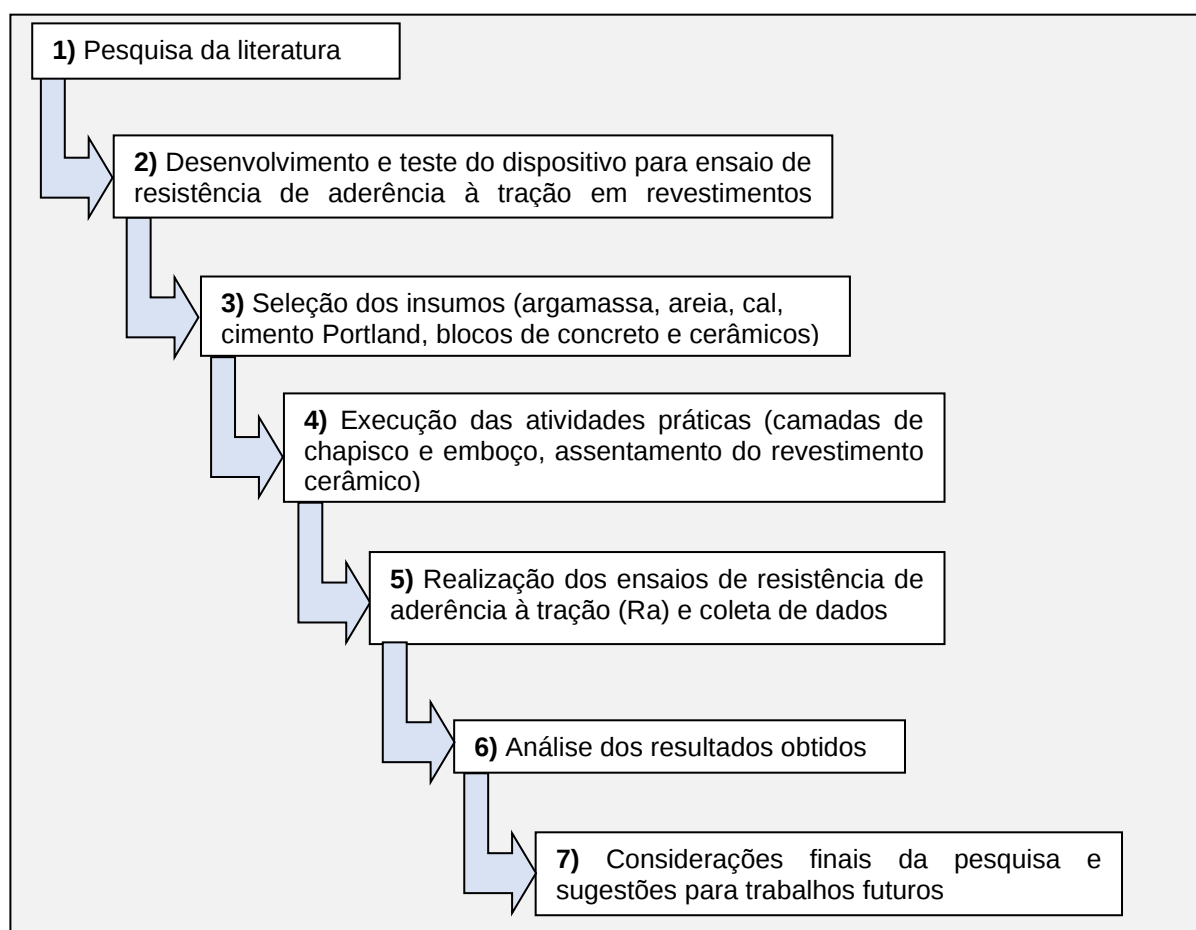
Fonte: CICHINELLI (2006).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Trabalho de Conclusão de Curso foi realizado em 7 (sete) etapas macro, as quais abrangeram a realização de pesquisa da literatura sobre o tema até a análise dos resultados dos ensaios experimentais. A Figura 21 apresenta o fluxograma com a sumarização das atividades.

Figura 21 - Fluxograma do trabalho.



Fonte: Do autor.

3.2 MONTAGEM DO DISPOSITIVO PARA ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS

A partir do planejamento de execução do trabalho, foram concretizadas as etapas práticas de montagem do dispositivo e conjuntos de placas para a realização dos ensaios de arrancamento.

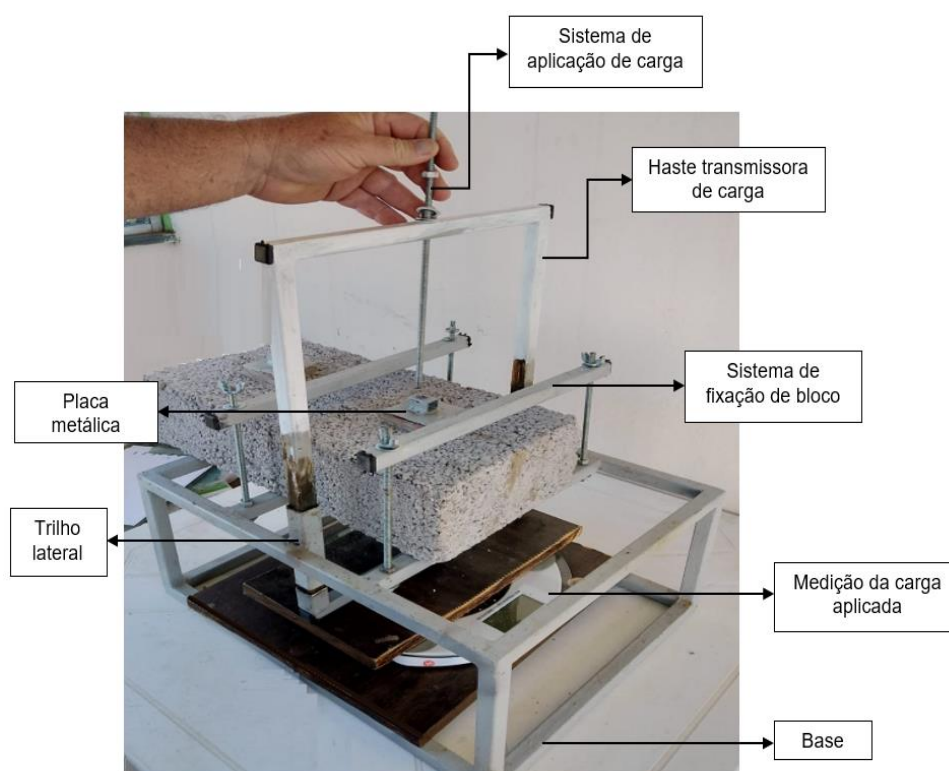
O dispositivo teve sua estrutura concebida com barras metálicas de metaton

20mm x 20mm. As junções das partes da estrutura do dispositivo foram efetuadas por meio da realização de solda elétrica com utilização de eletrodos 2,5 mm, revestidos. As partes móveis de aplicação de carga e de fixação dos copos de prova são concebidas em barras roscadas com respectivas porcas, arruelas e porcas borboleta.

Especificamente as placas metálicas foram concebidas com barra chata de espessura 1/8" e apresenta, em sua superfície superior, um menor comprimento de metalon, fixado com a realização de solda elétrica com eletrodos revestidos de 2,5mm, que tem por finalidade proporcionar o acoplamento da barra roscada responsável pela transmissão da carga de arrancamento para o corpo de prova.

Para a concepção do dispositivo considerou o princípio físico de leitura de carga aplicada e admissível por sistema de torque manual em balança digital, acoplada abaixo do conjunto bloco/pastilhas cerâmicas. A Figura 22 apresenta o dispositivo construído e suas partes componentes, detalhadas a seguir:

Figura 22 - Dispositivo para ensaio de resistência de aderência em revestimentos cerâmicos.



Fonte: Do autor.

a) sistema de aplicação de carga: constituído de uma barra rosqueada com diâmetro de 5,0 mm com porcas nas extremidades para a aplicação da carga de arrancamento no revestimento cerâmico aderido à placa metálica;

b) haste transmissora de carga: estrutura metálica construída em metalon 20

mm x 20 mm que, a partir de movimento em trilhos laterais, proporciona condição de transferência da carga aplicada no arrancamento para o mecanismo de medição;

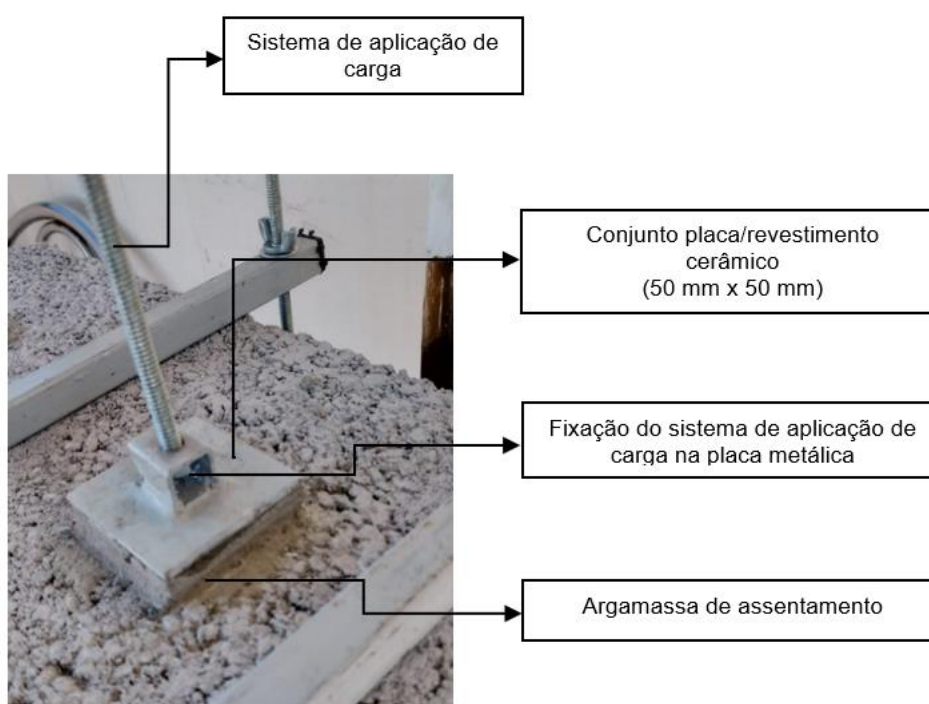
c) sistema de fixação de bloco: conjunto em metalon 20 mm x 20 mm para a fixação do conjunto bloco e revestimento cerâmico a ser ensaiado sem a influência do peso próprio do conjunto na medida da carga de arrancamento;

d) placa metálica: construída em aço carbono nas dimensões de 50 mm x 50 mm para a fixação da peça cerâmica a ser ensaiada por resistência de aderência, cuja superfície superior apresenta mecanismo para a fixação da barra rosqueada (a) de aplicação da carga. Na Figura 23 detalha-se a placa metálica fixada na superfície do revestimento cerâmico a ser ensaiado;

e) base: estrutura metálica construída em metalon 20 mm x 20 mm, que tem como finalidade abrigar, na parte inferior, o mecanismo de medição da carga. A parte superior proporciona a fixação do conjunto bloco e revestimento cerâmico a ser submetido a aplicação de carga por tracionamento, cuja finalidade é avaliar a resistência de aderência do revestimento cerâmico e o tipo de rompimento;

f) medição da carga aplicada: emprego de uma balança digital de vidro temperado, com sensor de precisão de 4 dígitos LCD, divisão de 0,1 Kg, com capacidade de até 180 kg.

Figura 23 - Detalhe de fixação do conjunto placa metálica/revestimento cerâmico.



Fonte: Do autor.

Ressalta-se que, em função da capacidade limite da balança empregada ser de 180kg, a elaboração do sistema para ensaios de resistência de aderência foi planejada para o uso de placa metálica de 50 mm x 50 mm, ao invés de 100 mm x 100 mm especificado na ABNT NBR 13754 (1996), como indicado na Figura 23. Pela suposição da resistência de aderência mínima de 0,30 MPa indicado na ABNT NBR 13754 (1996) para revestimentos cerâmicos internos, placas de 100 mm x 100 mm condiciona o uso de balança digital com capacidade mínima de leitura de 300 kg.

Além disso, foi feita a verificação prática de precisão da balança de vidro temperado no dispositivo elaborado. Como indicado na Figura 24, a partir da medida de massa de um corpo de prova de concreto na balança empregada no ensaio e em balança de precisão disponível no Laboratório de Materiais de Construção do CEFET/MG, Campus Varginha, não foi observado diferença entre as leituras registradas entre as balanças, exceto o número de dígitos na leitura, o qual indica a adequação do uso de balança digital de vidro temperado no dispositivo elaborado.

Figura 24 - Aferição da balança de vidro temperado.



(a) Medida de massa de balança de precisão



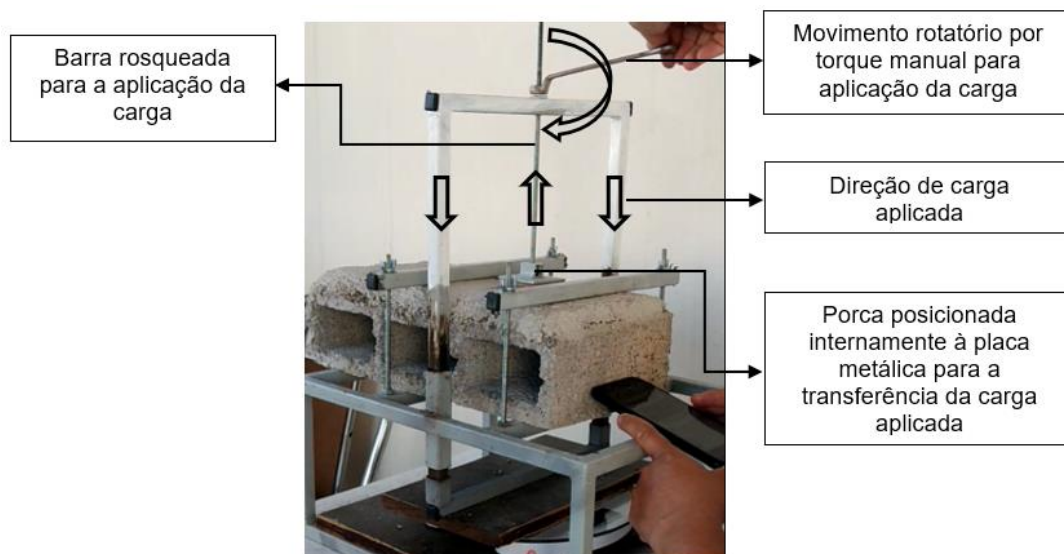
(b) Medida de massa na balança empregada no ensaio

Fonte: Do autor

A aplicação da carga de arrancamento foi estruturado a partir de movimentos rotatórios da barra rosqueada por meio de chave catraca alongada, que induz o aperto de uma porca posicionada na barra rosqueada na parte superior do dispositivo. Como indicado na Figura 25, os movimentos por rotação da barra rosqueada no sentido horário conduzem à solicitação de arrancamento do conjunto composto de placa

metálica e revestimento cerâmico pela transferência do torque manual aplicado nas hastes verticais transmissoras de carga. De modo a padronizar as condições de aplicação da carga, adotou-se 1 giro de torque a cada 3 segundos, cuja velocidade teórica estabelecida foi controlada, apenas a título prático e visual, com uso de cronômetro digital.

Figura 25 - Sistema de aplicação da carga de arrancamento por movimento rotatório manual.



Fonte: Do autor.

3.3 REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS

3.3.1 Definições preliminares

Em consonância a proposta apresentada, ensaios de resistência de aderência em revestimento cerâmico foram realizados no dispositivo elaborado. Os tópicos a seguir apresentam os procedimentos experimentais, os quais englobam desde a escolha e preparação dos materiais, o tratamento estatístico dos resultados de resistência obtidos, bem como registros de tipos de rupturas observados em cada ensaio.

Inicialmente, foram escolhidos blocos de concreto e blocos cerâmicos empregados em alvenaria de vedação. Ambos foram adquiridos no varejo na cidade de Varginha/MG e pelo mesmo fornecedor para eliminar variabilidades entre as características de superfície.

Traços de chapisco e emboço nas proporções de 1:3 (cimento Portland, areia grossa) e 1:1:6 (cimento Portland, cal hidratada e areia média), respectivamente,

foram utilizados como proposto na ABNT NBR 13754 (1996), cuja norma apresenta diretrizes para a execução de revestimentos cerâmicos em paredes internas com uso de argamassa colante. A referida norma também indica o uso de agregados miúdos na condição úmida.

Período de cura do chapisco foi de 3 dias (ABNT NBR 7200, 1998) e de 14 dias para o emboço (ABNT NBR 13754, 1996). O assentamento das placas cerâmicas sobre as camadas de revestimento argamassado foi realizado após os 14 dias da execução do emboço com o uso de argamassa colante. Decorrido o tempo de cura da camada de emboço foi efetuada a instalação das placas metálicas no revestimento cerâmico. Para tanto, utilizou-se cola epóxi, com intervalo de secagem de 24 horas para a realização dos ensaios em 28 dias de cura da argamassa colante. A Figura 26 apresenta um cronograma resumo dos períodos observados em cada etapa. Os ensaios de resistência de aderência à tração (Ra) foram realizados segundo a norma ABNT NBR 13754 (1996) após 28 dias de cura da argamassa colante.

Figura 26 - Períodos de cura das camadas para realização do ensaio de aderência.



Fonte: Do autor.

Foram utilizados vinte e quatro blocos para simular a execução e comportamento de alvenarias, sendo 12 (doze) blocos cerâmicos 9x19x29 (cm) e 12 (doze) blocos de concreto 9x19x39 (cm). Seis blocos, de cada lote, receberam uma camada de chapisco e uma de emboço em uma das faces. Todos receberam o assentamento do revestimento cerâmico padronizados.

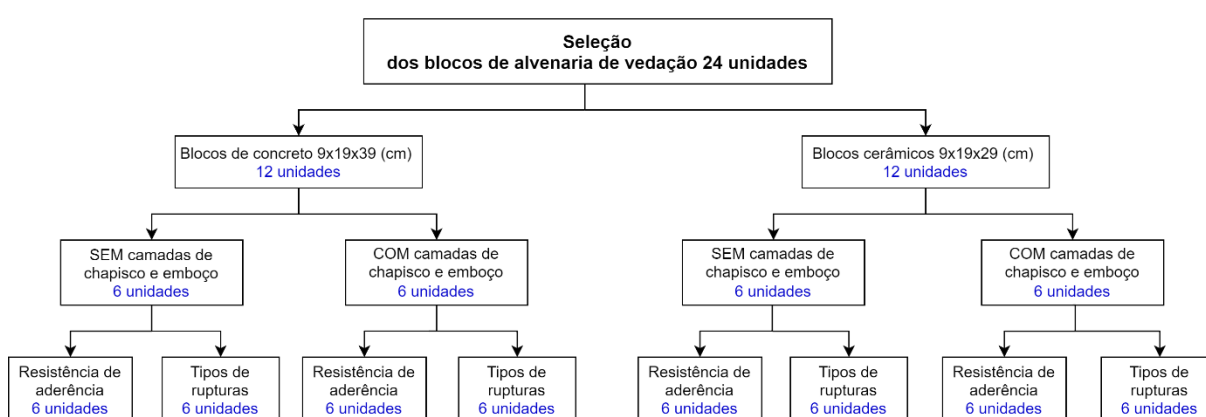
Por último, foram escolhidos os materiais de construção listados abaixo:

- bloco de concreto de vedação: dimensões 9x19x39 (cm) com três furos;
- bloco cerâmico de vedação: dimensões 9x19x29 (cm) com oito furos;
- cimento Portland: CP II F 32 MPa;
- cal hidratada: CH III;
- agregados miúdos: areia grossa e areia média lavadas e ensacadas;

- cola de aderência: tipo epóxi de secagem rápida;
- argamassa colante: AC I (revestimentos cerâmicos internos);
- pastilhas cerâmicas: dimensões 50x50 (mm) de revestimento interno, preparadas com uso de serra mármore.

Durante o ensaio foi avaliado, além da resistência de aderência à tração, o tipo de ruptura referenciado na norma ABNT NBR 13754 (1996), a partir do item 2.3.2. A Figura 27 apresenta um organograma dos blocos utilizados nos ensaios realizados em relação aos critérios estabelecidos para o estudo.

Figura 27 - Ensaio de aderência realizados.



Fonte: Do autor.

3.3.2 Execução da camada de chapisco

Nos itens seguintes, serão apresentados os procedimentos para a execução da camada de chapisco.

- **preparação da argamassa:** o chapisco foi preparado com mistura manual em recipiente de mistura no traço em volume de 1:3. A Figura 28 apresenta a preparação do chapisco, com a mistura inicial de areia grossa e cimento Portland nas proporções previstas, bem como a realização da homogeneização da mistura. Posterior a isso foi acrescida água em proporção necessária de forma a garantir condições de trabalhabilidade para a aplicação manual do chapisco aos blocos e tijolos. Ressalta-se que a norma ABNT NBR 13755 (1996) não aborda a dosagem de água para os revestimentos de chapisco e emboço, cujo acréscimo foi realizado a partir de experiências anteriores. A inserção de água à mistura foi realizada aos poucos com atenção para a consistência da argamassa, de modo a torná-la trabalhável para facilitar a aplicação e garantir melhor aderência aos blocos utilizados nos ensaios.

Figura 28 - Preparação da argamassa de chapisco.



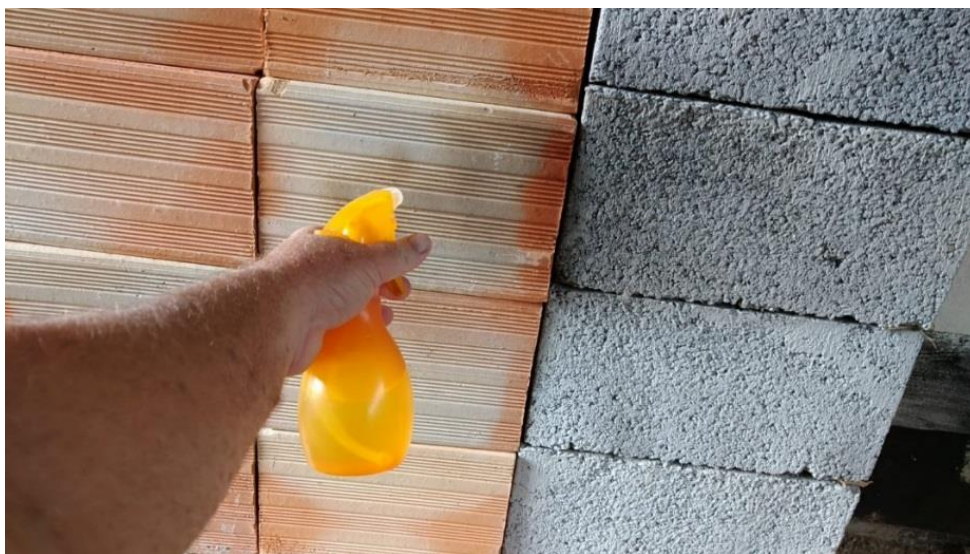
(a) Dosagem por volume dos componentes.

(b) Homogeneização manual da mistura.

Fonte: Do autor.

- **aplicação do chapisco ao substrato:** os blocos de concreto e cerâmicos foram empilhados, na vertical, para proporcionar substrato semelhante ao fechamento de alvenaria de alvenaria de vedação. Foi umedecido o substrato por meio da pulverização de água potável com emprego de um borrifador (Figura 29) como procedimento de evitar a perda de água de dosagem para a base. Posteriormente, foi realizada a aplicação manual da argamassa de chapisco ao substrato, com uso de uma desempenadeira e colher de pedreiro (Figura 30).

Figura 29 - Hidratação dos blocos cerâmicos e de concreto.



Fonte: Do autor.

Figura 30 - Aplicação da argamassa de chapisco ao substrato.



Fonte: Do autor.

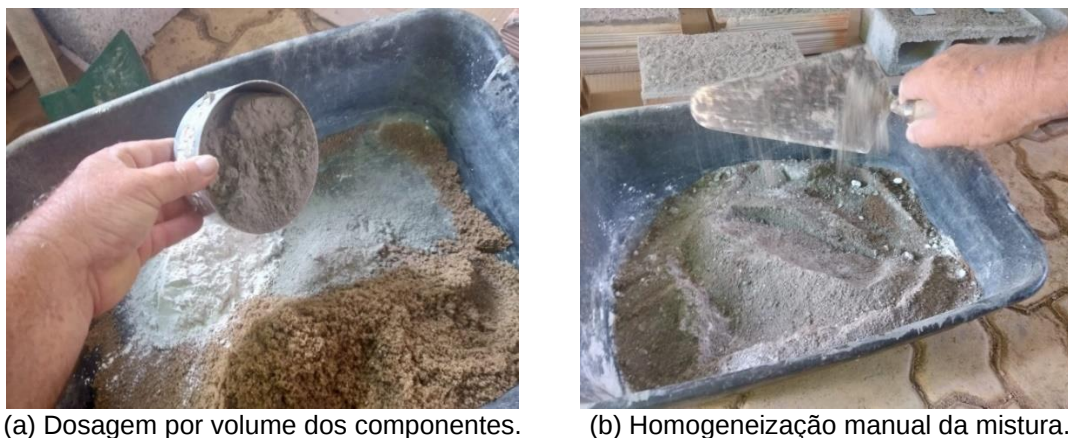
- **cura do chapisco:** o processo de cura do chapisco foi realizado com o prazo de 3 (dias) pelo umedecimento diário ao longo dos dias.

3.3.3 Execução da camada de emboço

Nos itens seguintes, serão apresentados os procedimentos para a execução da camada de emboço.

- **preparação da argamassa de emboço:** a argamassa para realização do emboço foi preparada na proporção 1:1:6 (cimento Portland, cal hidratada e areia média) com atenção ao volume de água a ser adicionada ao traço. Foi adotada a proporção entre 19 e 23% referente ao total de massa seca (cimento Portland, cal hidratada e areia) a partir de experiências preliminares para se obter trabalhabilidade em torno de 260 mm $\pm$ 5 mm (ABNT NBR 16541, 2016). A Figura 31 apresenta a inserção dos insumos para preparação da argamassa de emboço e a homogeneização da mistura.

Figura 31 - Preparação da argamassa de emboço.



(a) Dosagem por volume dos componentes.

(b) Homogeneização manual da mistura.

Fonte: Do autor.

- **aplicação da argamassa de emboço:** os blocos de concreto e tijolos cerâmicos foram posicionados horizontalmente para o recebimento da camada de emboço, com toda superfície previamente umedecida por pulverização de água potável em quantidade suficiente. Este procedimento visou assegurar a redução na perda de água da argamassa para o substrato durante o processo de pega e cura da mesma.

A camada de emboço foi aplicada na espessura de 20 mm, definida como espessura máxima para revestimentos internos (ABNT NBR 13749, 2013), com o uso de barras de metalon (20 mm x 20 mm) em ambas as extremidades dos blocos e tijolos como referência de espessura (Figura 32). O tempo de aplicação da camada de emboço em todos os blocos e tijolos foi de aproximadamente 30 minutos, de modo a assegurar o início de pega da mistura após sua total aplicação.

Figura 32 - Aplicação e regularização da argamassa de emboço.



(a) Emboço com espessura de 20 mm

(b) Nivelamento da argamassa de emboço

Fonte: Do autor.

Para se garantir um corte rente a cada lateral da pastilha cerâmica a ser instalada ao substrato, foram realizados sulcos com a utilização de uma espátula (Figura 33). Esse procedimento proporcionou assegurar que a superfície dos blocos de concreto e dos tijolos cerâmicos não tivesse sua resistência afetada pelo corte mecânico, por exemplo, pelo uso de serra mármore.

Figura 33 - Execução dos sulcos na argamassa de emboço.



Fonte: Do autor.

- **cura da argamassa de emboço:** a cura da argamassa de emboço foi realizada no período de 14 dias, com a hidratação diária da camada pela pulverização de água potável em proporções necessárias para esse fim.

3.3.4 Assentamento das placas cerâmicas ao substrato

Nos itens seguintes, serão apresentados os procedimentos para o assentamento das placas cerâmicas ao substrato.

- **preparação das placas cerâmicas:** as placas cerâmicas para a realização dos ensaios foram produzidas nas dimensões de 50 mm x 50 mm de revestimento cerâmico de base vermelha. Como apresentado anteriormente, estas dimensões foram estabelecidas de modo a proporcionar condições de realização do ensaio em decorrência das limitações do dispositivo desenvolvido para tal fim. A Figura 34 apresenta o corte das mencionadas placas cerâmicas.

Figura 34 - Corte e preparação das placas cerâmicas 50 mm x 50 mm.



Fonte: Do autor.

- **preparação da argamassa colante:** as placas cerâmicas foram assentadas com a utilização de argamassa colante AC I de uso indicativo para assentamentos de pisos e azulejos em áreas internas. A argamassa foi introduzida em um recipiente apropriado ao seu preparo (caixa de massa), em quantidade suficiente para a instalação de todas as placas cerâmicas previstas, com a adição de água potável em proporções de garantir a trabalhabilidade do material (Figura 35), conforme recomendação pelo fabricante do produto.

Figura 35 - Preparação da argamassa de assentamento cerâmico.



(a) Adição de água



(b) Homogeneização da mistura

Fonte: Do autor.

- **assentamento das placas cerâmicas ao substrato:** decorridos o prazo de cura da base, de no mínimo sete dias sobre emboço e de 14 dias para as demais bases, foi efetuado o assentamento das placas cerâmicas aos substratos. Os substratos que

receberam as placas cerâmicas foram hidratados por pulverização de água potável em sua superfície de forma a assegurar baixa perda de água para a base, durante o assentamento e processo de cura (Figura 36).

Figura 36 - Hidratação da base para realização do assentamento cerâmico.



Fonte: Do autor.

As placas cerâmicas receberam uma camada de argamassa colante na sua superfície de assentamento, com emprego de uma desempenadeira dentada (abertura dos dentes de 8 mm). Foram observados critérios para que todas as placas cerâmicas recebessem argamassa colante em camadas com espessura e volume semelhantes. A Figura 37 exemplifica o assentamento da placa cerâmica com a camada de argamassa colante em um bloco cerâmico que recebeu as camadas de chapisco e emboço.

Figura 37 - Processo de instalação da placa cerâmica a um bloco cerâmico.



(a) Placa cerâmica com camada de ACI



(b) Realização do assentamento da placa cerâmica

Fonte: Do autor.

De modo a estabelecer um padrão em relação a instalação das placas cerâmicas, após o seu posicionamento na superfície de assentamento, foi colocado um peso sobre cada uma das placas cerâmicas, com a manutenção no local por aproximadamente 15 segundos (Figura 38).

Figura 38 - Posicionamento de um peso sobre a placa cerâmica, recém-instalada no substrato.



Fonte: Do autor.

Para garantir que não houvesse interferências na resistência de arrancamento da AC I com o substrato em área que excedesse as dimensões das placas cerâmicas (5 cm x 5 cm), foi efetuada a limpeza dos sulcos construídos durante a aplicação do emboço ao substrato. A Figura 39 apresenta a realização da limpeza dos sulcos.

Figura 39 - Limpeza das laterais das placas cerâmicas/remoção dos excessos de AC.



Fonte: Do autor.

Todos os conjuntos (substrato e placa cerâmica) foram armazenados em local ventilado e livre de raios solares de modo a aproximar das condições práticas de assentamento cerâmico em áreas internas de uma edificação. Esse tempo de

permanência no local sem intervenções ocorreu no prazo de 28 dias, para posterior realização dos ensaios de resistência de aderência. A Figura 40 apresenta o armazenamento dos conjuntos durante o período de cura do assentamento cerâmico.

Figura 40 - Corpos de prova armazenados após instalação das placas cerâmicas.



Fonte: Do autor.

- **fixação das placas metálicas às placas cerâmicas:** por meio do uso de adesivo epóxi, as placas metálicas foram fixadas às placas cerâmicas. Após a limpeza das superfícies e preparação do adesivo, pela mistura dos dois componentes constantes na embalagem do mesmo, esta foi aplicada em ambas as superfícies a serem unidas e, posteriormente, feita a colocação da placa metálica sobre a placa cerâmica (Figura 41). Foi observado o tempo de pega mínimo do adesivo, para posterior realização da próxima etapa da atividade.

Figura 41 - Adesivo epóxi utilizado na colagem das placas metálicas.



Fonte: Do autor.

3.3.5 Ensaio de arrancamento cerâmico

Para a realização dos ensaios de resistência de aderência à tração, foi utilizado o equipamento descrito no item 3.2 (Figura 22), com as seguintes etapas:

- **1ª Etapa: transferência dos corpos de prova para local de realização dos ensaios:** os blocos foram cuidadosamente transferidos para o local de realização dos ensaios, de modo que não fossem submetidos a impactos, quedas ou quaisquer outros incidentes que possam interferir na confiabilidade dos resultados;
- **2ª Etapa: definição da ordem de realização dos ensaios:** os ensaios foram realizados na seguinte ordem:
 - blocos de concreto sem as camadas de chapisco e emboço, com os pontos de arrancamento numerados de 1 a 6. Posteriormente, ensaios nos blocos de concreto com as camadas de chapisco e emboço, com as numerações de 1 a 6. Especificamente aos blocos de concreto, foi possível instalar duas placas cerâmicas em cada um dos blocos. Dessa forma, foram utilizados 3 blocos para ensaios sem as camadas de chapisco e emboço e 3 outros para ensaios com as camadas de chapisco e emboço;
 - blocos cerâmicos sem as camadas de chapisco e emboço, numerado de 1 a 6 e, na sequência, os demais blocos cerâmicos com as camadas de chapisco e emboço, numerados de 1 a 6.
- **3ª Etapa: posicionamento do corpo de prova no dispositivo:** os blocos e as placas metálicas aderidas às cerâmicas foram posicionados horizontalmente no dispositivo de forma a garantir a aplicação da força de arrancamento na vertical. A Figura 42 apresenta a colocação e a realização dos ajustes no dispositivo para realização do arrancamento;
- **4ª Etapa: aplicação da carga de arrancamento:** uma vez consolidadas as atividades de preparação e instalação do conjunto a ser ensaiado no dispositivo, foi iniciada a aplicação da carga de arrancamento ao conjunto ensaiado, com a observação da velocidade de aplicação da carga, padronizada em 1 giro de torque a cada 3 segundos. Embora com controle apenas prático e visual, foi mantida de forma semelhante a todos os ensaios executados;

Figura 42 - Colocação do conjunto a ser ensaiado no dispositivo e realização dos ajustes necessários.



Fonte: Do autor.

- **5ª Etapa: ruptura do conjunto e apuração da carga de rompimento:** a finalização do ensaio ocorreu pela observação referente a carga de ruptura atingida. Nesta etapa, foram anotados os valores das cargas e os tipos de rupturas, uma vez que cada conjunto apresenta particularidades de rompimento e, em alguns casos, o tipo de ruptura não é idêntico aos demais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PLACAS CERÂMICAS EM BLOCOS DE CONCRETO

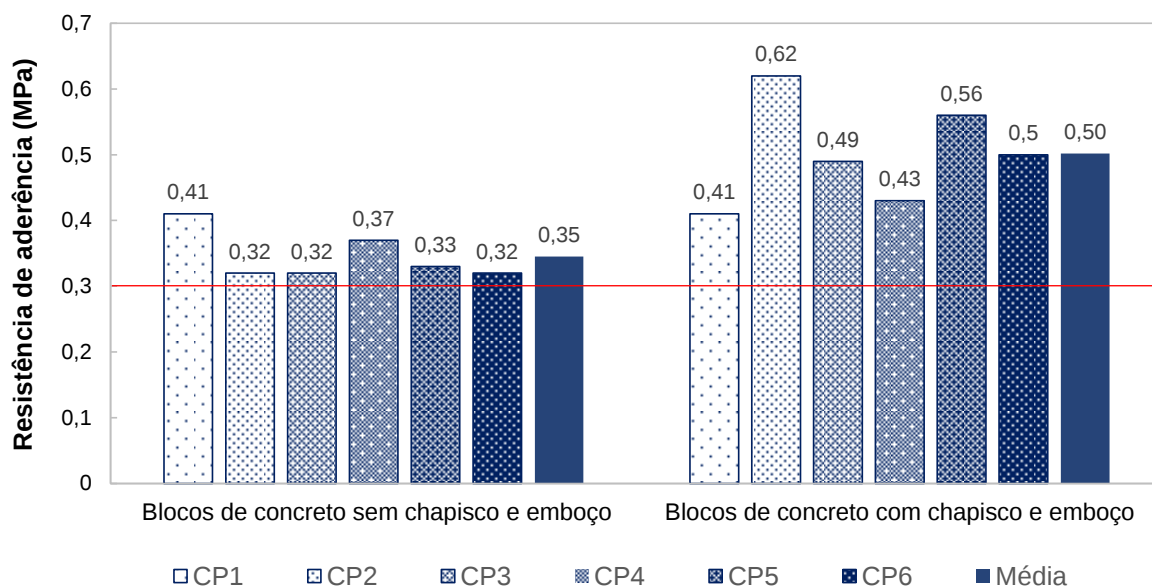
Para as placas cerâmicas aplicados em blocos de concreto, com e sem execução das camadas de chapisco e emboço, os resultados obtidos nos arrancamentos encontram-se listados na Tabela 2. A Figura 43 sumariza os resultados obtidos de forma gráfica.

Tabela 2 - Resultados dos ensaios de aderência do revestimento cerâmico em blocos de concreto.

Corpo de Prova	Área da seção tracionada (m ²) (5cm x 5cm)	Bloco de concreto sem camada de chapisco e emboço		Bloco de concreto com camada de chapisco e emboço	
		Carga ruptura (N)	Resistência de aderência (MPa)	Carga ruptura (N)	Resistência de aderência (MPa)
CP1	0,0025	1016,0	0,41	1020,0	0,41
CP2	0,0025	800,0	0,32	1560,0	0,62
CP3	0,0025	812,0	0,32	1228,0	0,49
CP4	0,0025	922,0	0,37	1063,0	0,43
CP5	0,0025	827,0	0,33	1390,0	0,56
CP6	0,0025	809,0	0,32	1249,0	0,50
Média	0,0025	864,3	0,35	1251,7	0,50

Fonte: Do autor.

Figura 43 - Resultados obtidos nos ensaios - Blocos de concreto.



Fonte: Do autor

Observa-se que a resistência de aderência média (R_a) obtida nos corpos de prova com a realização das camadas de chapisco e emboço apresenta-se 42,8% maior em relação aos resultados obtidos sem o chapisco e emboço (0,35 MPa). Ainda em

relação aos corpos de prova com a realização das camadas de chapisco e emboço, registrou-se a particularidade do CP2 com carga de ruptura de 1560 N (0,62 MPa), quando o previsível seria próximo de 750 N (0,30 MPa). O CP6 também apresentou uma carga de ruptura de 1249 N (0,50 MPa), comparativamente maior em relação aos demais e ao valor médio. A maior Ra obtida em corpos de prova sem a realização do chapisco e emboço (0,41 MPa) correspondeu ao menor resultado individual obtido em corpos de prova com a realização do chapisco e emboço.

Todos os corpos de prova de blocos de concreto, com ou sem as camadas de chapisco e emboço, obtiveram resistências de aderência maiores que o mínimo previsto em norma, ou seja, são superiores a 0,3 MPa (ABNT NBR 13754, 1996). Pode-se perceber que as camadas de chapisco e emboço proporcionaram a obtenção de maiores cargas de ruptura quando as placas cerâmicas foram submetidas à tração.

A Figura 44 apresenta as placas cerâmicas após os ensaios de resistência de aderência dos respectivos conjuntos em blocos com ausência de revestimentos argamassados. Na Figura 45 tem-se os tipos de rupturas observadas nas placas cerâmicas assentadas nas camadas de chapisco e emboço. Por meio das Figuras 43 e 44 é possível verificar as formas de ruptura dos corpo-de-prova ocorridas nos ensaios.

Em geral o processo de ruptura registrado nos ensaios apresenta um padrão para a maioria dos corpos de prova, de modo que blocos de concreto sem chamadas de chapisco e emboço apresentaram a ruptura na interface argamassa colante-bloco. A Tabela 3 sumariza os tipos de rupturas registrados.

Especificamente aos corpos de prova sem as camadas de chapisco e emboço, o tipo de rompimento foi predominante na interface argamassa colante-bloco. É um resultado esperado e indica a correta preparação e assentamento da cerâmica sobre o bloco. Em relação aos corpos de prova com a execução das camadas de chapisco e emboço, o tipo de ruptura predominante foi o registrado nas interfaces entre as camadas de argamassa colante e emboço. Como destacado anteriormente, o CP6 apresentou uma carga de ruptura de 0,50 MPa e a particularidade de registrar a ruptura na interface entre emboço e chapisco.

Figura 44 - Placas metálicas após os ensaios para blocos de concreto sem chapisco e emboço.



(a) CP1



(b) CP2



(c) CP3



(d) CP4



(e) CP5



(f) CP6



(g) Conjunto de placas metálicas

Fonte: Do autor.

Figura 45 - Placas metálicas após os ensaios para blocos de concreto sem chapisco e emboço.



Fonte: Do autor.

Tabela 3 - Tipo de ruptura registrada nos ensaios de aderência cerâmico – Blocos de concreto.

Corpo de Prova	Bloco de concreto sem camada de chapisco e emboço		Bloco de concreto com camada de chapisco e emboço	
	Resistência de aderência (MPa)	Tipo de ruptura	Resistência de aderência (MPa)	Tipo de ruptura
CP1	0,41	Interface argamassa colante-bloco	0,41	Interface argamassa-emboço
CP2	0,32		0,62	92,61% Interface argamassa-emboço e 7,39% interface argamassa-cerâmica*
CP3	0,32		0,49	88,93% Interface argamassa-emboço e 11,07% interface argamassa-cerâmica*
CP4	0,37		0,43	Interface argamassa-emboço
CP5	0,33		0,56	Interface argamassa-emboço
CP6	0,32		0,50	Interface emboço-chapisco
Média	0,35	--	0,50	--

OBSERVAÇÃO: *Percentagem aproximada conforme procedimento especificado na ABNT NBR 13754 (1996).

Fonte: Do autor.

Diante dos aspectos observados e apontados, pode-se inferir que:

- a) a argamassa colante apresentou resistência de arrancamento satisfatória;
- b) a argamassa de emboço apresentou resistência de arrancamento satisfatória;
- c) o chapisco executado nos corpos de provas atendeu a finalidade de melhorar a resistência de aderência entre a face do bloco e a camada de emboço.

4.2 PLACAS CERÂMICAS EM BLOCOS CERÂMICOS

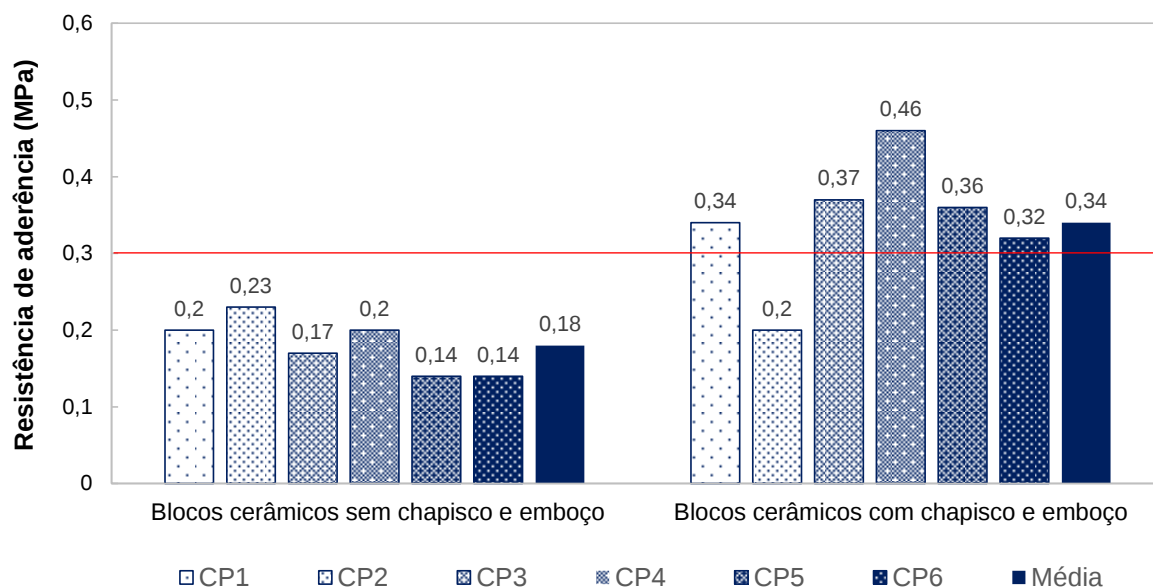
Para corpos de prova constituídos de blocos cerâmicos, com e sem execução das camadas de chapisco e emboço, os resultados obtidos nas resistências de aderência encontram-se listados na Tabela 4. A Figura 46 apresenta os resultados de forma gráfica.

Tabela 4 - Resultados dos ensaios de aderência cerâmico em blocos cerâmicos.

Corpo de Prova	Área da seção tracionada (m ²) (5cm x 5cm)	Bloco cerâmico sem camada de chapisco e emboço		Bloco cerâmico com camada de chapisco e emboço	
		Carga ruptura (N)	Resistência de aderência (MPa)	Carga ruptura (N)	Resistência de aderência (MPa)
CP1	0,0025	493,0	0,20	860,0	0,34
CP2	0,0025	580,0	0,23	510,0	0,20
CP3	0,0025	425,0	0,17	930,0	0,37
CP4	0,0025	510,0	0,20	1138,0	0,46
CP5	0,0025	362,0	0,14	900,0	0,36
CP6	0,0025	360,0	0,14	810,0	0,32
Média	0,0025	455,0	0,18	858,0	0,34

Fonte: Do autor.

Figura 46 - Resultados obtidos nos ensaios - Blocos cerâmicos.



Fonte: Do autor

Observa-se que a resistência de aderência (R_a) média obtida nos corpos de prova com a realização das camadas de chapisco e emboço (0,34 MPa) apresenta-se 88,89% maior em relação a R_a verificada nos corpos de prova sem o chapisco e emboço (0,18 MPa). Maior R_a em corpo de prova sem a realização do chapisco e emboço (0,23 MPa) se aproxima do menor resultado obtido no CP2 com a realização do chapisco e emboço (0,2 MPa). Nenhum dos corpos de prova sem chapisco e emboço atingiram R_a próximo do mínimo previsto na ABNT NBR 13754 (1996), ou seja, 0,3 MPa. A maior resistência registrada foi de 0,23 MPa, para carga de ruptura obtida de 580 N. Ressalta-se que com a área submetida a tração, a carga mínima esperada deveria ser de 0,30 MPa. Destaca-se que do total de 6 (seis) corpos de prova com a execução do chapisco e emboço, 83,33% superaram a R_a mínima esperada de 0,30MPa.

No caso de blocos cerâmicos sem a aplicação das camadas de chapisco e emboço, a maior R_a observada foi de 0,23 MPa. Isso induz que possíveis manifestações patológicas associadas a essa baixa resistência de aderência (R_a) sejam inevitáveis nos casos de assentamentos cerâmicos diretamente no substrato, ou seja, sem a ausência das camadas de aderência e regularização.

Ressalta-se que, em muitos casos e por situações diversas, o procedimento de assentamento de revestimentos cerâmicos sobre tijolos ou blocos cerâmicos, com ausência de camadas de chapisco e emboço, é uma prática recorrente, em que

procedimentos a serem observados durante a execução da tarefa são negligenciados. Isso compromete diretamente o desempenho de aderência de revestimentos cerâmicos ao substrato. Demais procedimentos também requerem atenção, tais como:

- a) armazenamento, preparo e manuseio dos insumos em concomitância com as prescrições do fabricante/fornecedor;
- b) utilização de ferramentas adequadas;
- c) execução das tarefas em condições adequadas de temperatura, umidade, exposição ao calor, dentre outras;
- d) observância dos tempos de cura das camadas e das etapas previstas para utilização dos materiais.

A Figura 47 apresenta as placas cerâmicas após os ensaios de resistência de aderência dos respectivos conjuntos, no caso blocos cerâmicos sem aplicação das camadas de chapisco e emboço. Na

Figura 48, tem-se as placas cerâmicas após os ensaios de resistência de aderência dos respectivos conjuntos para os blocos com aplicação das camadas de chapisco e emboço. Por meio dessas imagens é possível perceber o tipo de ruptura ocorrido durante o ensaio.

Em termos de tipos de rupturas, observa-se um padrão para a maioria dos corpos de prova com ausência de chapisco e emboço, com predominância na interface entre argamassa colante-superfície do bloco e baixos resultados de resistência de aderência. Destaca-se o CP2 apresentou a ruptura parcial entre a camada de argamassa colante-superfície do bloco e argamassa colante-placa cerâmica. Além disso, observou-se neste corpo-de-prova a maior R_a , igual a 0,23 MPa, contudo inferior ao valor mínimo de 0,30 MPa especificado em norma. A Tabela 5 sumariza os tipos de rupturas registrados.

A partir dos resultados obtidos, evidencia-se que a execução de revestimentos cerâmicos em substratos com blocos cerâmicos, com o uso de critérios e materiais empregados nos ensaios, carecem da execução das camadas de chapisco e emboço.

Figura 47 - Placas metálicas os ensaios para blocos cerâmicos sem chapisco e emboço.



(a) CP1



(b) CP2



(c) CP3



(d) CP4



(e) CP5



(f) CP6



(g) Conjunto de placas metálicas

Fonte: Do autor.

Figura 48 - Placas metálicas os ensaios para blocos cerâmicos com chapisco e emboço.



(a) CP1



(b) CP2



(c) CP3



(d) CP4



(e) CP5



(f) CP6



(g) Conjunto de placas metálicas

Fonte: Do autor.

Tabela 5 - Tipo de ruptura registrada nos ensaios de aderência cerâmico – Blocos cerâmicos.

Corpo de Prova	Bloco cerâmico sem camada de chapisco e emboço		Bloco cerâmico com camada de chapisco e emboço	
	Resistência de aderência (MPa)	Tipo de ruptura	Resistência de aderência (MPa)	Tipo de ruptura
CP1	0,20	Interface argamassa-bloco cerâmico	0,34	51,45% Interface chapisco-bloco e 48,55% emboço-chapisco*
CP2	0,23	83,88% Interface argamassa-bloco cerâmico e 16,12% argamassa-cerâmica*	0,20	Interface emboço-chapisco
CP3	0,17	Interface argamassa-bloco cerâmico*	0,37	54,53% Interface chapisco-bloco e 40,09% emboço-chapisco e 5,37% interior da base*
CP4	0,20	Interface argamassa-bloco cerâmico*	0,46	53,54% Interface chapisco-bloco e 46,46% emboço-chapisco*
CP5	0,14	Interface argamassa-bloco cerâmico.	0,36	19,35% Interface chapisco-bloco e 80,65% emboço-chapisco*
CP6	0,14	Interface argamassa-bloco cerâmico.	0,32	37,65% Interface chapisco-bloco e 62,35% emboço-chapisco*
Média	0,18	--	0,34	--

OBSERVAÇÃO: *Percentagem aproximada conforme procedimento especificado na ABNT NBR 13754 (1996).

Fonte: Do autor.

Em relação aos corpos de prova de blocos cerâmicos com camadas de chapisco e emboço, o tipo de ruptura predominante foi registrado nas interfaces chapisco-bloco e emboço-chapisco. A ruptura ocorreu parcialmente entre essas duas interfaces. Apenas o CP2 não atingiu R_a desejável de 0,30 MPa. Especificamente nesse caso, a ruptura ocorreu na interface emboço-chapisco com R_a de 0,20 MPa.

Diante dos aspectos apontados, pode-se inferir que:

- a) o assentamento cerâmico executado sem as camadas de aderência e regularização não proporcionaram a obtenção de resistência de aderência desejável;
- b) ficou evidenciada a baixa aderência da argamassa na superfície do bloco cerâmico, possivelmente devido a maior tendência de absorção de água por esse substrato. Isto pode ter sido o fator preponderante para a obtenção dos resultados não satisfatórios;
- c) no geral, a argamassa de chapisco e emboço apresentaram resistência de aderência satisfatória, já que nos CP em que estes foram executados, os

resultados atingiram o valor mínimo especificado em norma (0,3 MPa), com exceção do CP2.

4.3 AVALIAÇÃO DO DISPOSITIVO DESENVOLVIDO PARA ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS

De forma geral, respeitadas as particularidades, o dispositivo elaborado para a análise de resistências de aderência de revestimento cerâmico ao substrato atingiu o objetivo proposto. Especificamente da forma como foi estruturado, o dispositivo proporcionou a verificação das cargas de rompimento de peças cerâmicas de dimensões 5 cm x 5 cm, instaladas com argamassa colante em blocos de concreto e cerâmicos, quando submetidos a cargas normais. Não foi registrado nenhuma inconsistência que poderia inviabilizar o uso do dispositivo, nas condições definidas para o trabalho.

Diante de necessidades específicas, por exemplo, ensaios com cargas horizontais de rupturas, é possível se fazer adaptações para atingir este fim. Associado a isso, o dispositivo é passivo de melhorias de forma a oferecer maior precisão nos resultados dos ensaios, tais como utilização de balança de maior capacidade, instalação de mecanismo de torque com controle de velocidade de carga aplicada, instalação de dispositivo que facilite a leitura da carga no momento da ruptura, dentre outras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados das resistências de aderência em revestimentos cerâmicos assentados com argamassa colante ACI, sobre os substratos de blocos de concreto e cerâmico com e sem a execução das camadas de chapisco e emboço e blocos cerâmicos com as camadas de argamassas supracitadas, apresentam resultados satisfatórios. Tais resultados permeiam o valor mínimo especificado em norma e, em alguns casos, atingem valores superiores. Especificamente a placa cerâmica 2 (corpo de prova 2) do substrato constituído de blocos cerâmicos com as camadas de chapisco e emboço, ao atingir a carga de tração de 510 N, ocorreu a ruptura, o que resultou em uma resistência de aderência à tração de 0,2 MPa. A ruptura foi registrada na interface emboço-chapisco, o que demonstra uma deficiência na aderência entre tais camadas, por questões não apuradas.

O estudo desenvolvido demonstra a inviabilidade da aplicação de revestimentos cerâmicos em alvenaria de blocos cerâmicos sem as camadas de chapisco e emboço. Por não ter apresentado resultados de aderência mínimo estabelecido em norma, pode-se conduzir a manifestações patológicas. Este resultado é esperado pelas preconizações da norma ABNT NBR 13754 (1996) sobre blocos cerâmicos, que requerem as referidas camadas de preparação da base. Para os blocos de concreto, os padrões preconizados em Norma foram atendidos, ou seja, resistência de aderência superior a 0,30 MPa.

É importante destacar que um fator preponderante na instalação de revestimento cerâmico é a qualidade das etapas executadas, em especial às características dos insumos empregados, com observâncias de parâmetros básicos na construção civil, relacionados ao nível, prumo e alinhamento das fiadas.

A utilização da técnica de instalação de revestimento cerâmico em alvenarias sem as camadas de chapisco e emboço são em geral implementadas para a redução do consumo de materiais e de mão de obra na execução de tais atividades. É preciso atentar-se em relação a economia obtida em decorrência disso, já que se vislumbra a utilização de mais argamassa colante, principalmente em aplicações duplas de argamassa colante, ou seja, no substrato e na superfície da cerâmica.

Diante dos baixos resultados de resistências de aderência cerâmica quando da sua instalação em alvenarias de blocos cerâmicos sem camadas de chapisco e emboço, vislumbra-se ser possível melhorar esses resultados por meio da inserção de aditivos ou mesmo no desenvolvimento de argamassas especiais para tal fim. Contudo, isto carece de estudos complementares para tais inferências.

A submissão do revestimento cerâmico a condições adversas, tais como variações térmicas, produtos químicos, radiação solar, dentre outros, podem prejudicar a resistência de aderência à tração do revestimento ao substrato e, ao longo do tempo, ocasionar deslocamentos mesmo em revestimentos internos.

É possível que em alvenarias de blocos cerâmicos ou de concretos com parâmetros de qualidade inferiores aos utilizados no trabalho, ou a inobservância de questões básicas de execução como, por exemplo, armazenamento e preparo dos materiais, cura das camadas de revestimento executadas, observância das orientações do fabricante do insumo, dentre outros, acarretem resultados menos promissores aos obtidos nesta pesquisa.

Em relação ao dispositivo desenvolvido para a realização dos ensaios propostos, este proporcionou a obtenção de parâmetros para avaliar a resistência de aderência de revestimentos cerâmicos em substratos constituídos de blocos de concreto e cerâmicos, com e sem a execução das camadas de chapisco e emboço. Além disso, viabilizou condições de se avaliar os tipos de rupturas ocorridos quando da aplicação das cargas de rupturas.

Com o estudo realizado, foi possível demonstrar a importância da execução das camadas de chapisco e emboço antes da aplicação de revestimentos cerâmicos, especialmente quando se trata de substratos constituídos de blocos cerâmicos.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Embora o trabalho ora apresentado tenha atingido o objetivo proposto, não esgota as possibilidades de análises complementares nesta temática. Dessa forma, sugere-se o aprimoramento do tema em estudos futuros, com utilização de equipamentos mais precisos e até mesmo análise de outros fatores relacionados ao assunto, tais como:

- Utilização de revestimentos cerâmicos do tipo porcelanatos;
- Emprego de argamassas colantes dos tipos AC II e AC III;

- Avaliação de resistências de aderência destinados a ambientes externos;
- Análise de demais substratos, como blocos cerâmicos e de concretos para fins estruturais, blocos de concreto celular autoclavados e blocos sílico-calcáreos;
- Emprego de argamassas de chapisco e emboço dosadas com areias de britagem;
- Análises de custos de revestimentos cerâmicos executados sobre substratos de alvenaria com e sem aplicação de chapisco e emboço;
- Avaliação de resistência de aderência com a presença de cargas verticais;
- Estudo das influências de variações térmicas, umidade relativa do ar, radiação solar presentes principalmente em ambientes externos em revestimentos.
- Planejamento e estudos comparativos da efetividade do dispositivo desenvolvido com dispositivos convencionais (devidamente aferidos pelos órgãos competentes) de forma a validar sua utilização.

REFERÊNCIAS

ANJOS, H.B.G. **Análise comparativa de argamassa projetada e manual**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Unievangélica, Anápolis. 2018. Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/88/1/2018_1_TCC_Henrique%20Borges.pdf. Acesso em: 09 dez. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de revestimentos de argamassa**. 1. ed. São Paulo, SP, (ABCP). 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13006**: Placas cerâmicas: definições, classificação, características e marcação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13753**: Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13754**: Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13755**: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante: projeto, execução, inspeção e aceitação: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14081-1**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas: parte 1: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 10545-1: Placas Cerâmicas: parte 1: amostragem e critérios para aceitação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BAÍÁ, L.L.M.; SABBATINI, F.H. **Projeto e execução de revestimentos de argamassas.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.

BARBOZA, N.; LOTURCO, B.; BESANA, M.; SANTIN, E. **Construtoras de todo o Brasil se mobiliza para encontrar saídas para o descolamento cerâmico.** Revista Técnica. São Paulo: PINI. 15 de setembro de 2016. Disponível em: < <https://techne.pini.com.br/2016/09/construtoras-de-todo-o-brasil-se-mobilizam-para-encontrar-saidas-para-o-descolamento-ceramico/> >. Acesso em: 16 mar. 2021.

BARTOLI, H. **Panorama da Reciclagem de RCD no Brasil: Pesquisa Setorial 2014/2015.** Seminário Nacional da Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. 2015.

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasília: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Secretaria de Qualidade Ambiental. Brasília, 2020. 187 p.

BRASIL. **Portaria nº 134, de 18 de dezembro de 1998.** Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional – PBQP-H. MINISTÉRIO DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO, 1998. Disponível em: < http://pbqp-h.mdr.gov.br/pbqp_baselegal.php >. Acesso em: 16 mar. 2021.

CARASEK, H. **Argamassas.** In: ISAIA, G.C. (coord). **Materiais de construção civil e princípios da ciência da engenharia de materiais.** 1ª ed. São Paulo: IBRACON, 2007. Cap. 26, pp. 863-904.

CARVALHO, L.R. **Proposta De Estudo De Processos Construtivos Industrializados Do Ponto De Vista Ambiental.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10022481.pdf>. Acesso em: 16

mar. 2021.

CICHINELLI, G. Patologias cerâmicas: **Por que ocorrem os deslocamentos e trincas em edificações revestidas com cerâmicas e quais as recomendações dos especialistas para evitar problemas**. Revista Técnica, edição nº 116. São Paulo: PINI. Novembro de 2006.

PINI. **Construção passo-a-passo**. Volume 1. São Paulo: Pini, 2009.

FARIA, V.; CARASEK, H. **Deslocamento de revestimento cerâmico interno em edifícios residenciais – Estudo de caso**. 2018. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

HATTGE, A. F. **Estudo comparativo sobre a permeabilidade das alvenarias em blocos cerâmicos e alvenarias em blocos de concreto**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia na modalidade profissionalizante) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de Resíduos da Construção**. In: Seminário de Resíduos Sólidos e Domiciliares CETESB, 2000, São Paulo.

LEITE, I.C.A.; DAMASCENO, J.L.C.; REIS, A.M.; ALVIN, M. Gestão de resíduos na construção civil: um estudo em Belo Horizonte e Região Metropolitana. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, 14, p. 159-175, 2017.

IOPPI, P.R. **Estudo da aderência das argamassas de revestimento em substratos de concreto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.

MAPA DA OBRA. **Calcular material de construção: saiba como fazer**. 2014. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/negocios/saiba-como-calcular-material-de-construcao/>. Acesso em: 16 mar. 2021.

MEDEIROS, J.S.; SABBATINI, F.H. **Tecnologia e projeto de revestimento cerâmicos de fachadas de edifícios**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1999.

MELLO, C.W. **Análise do desperdício de materiais em obras da cidade de Ijuí**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2001.

MELO, D.A. **Introdução de melhorias na aplicação de material cerâmico de parede – Otimização da qualidade e da sustentabilidade em obras de edificações**. Projeto de Graduação (Curso de Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MENDES, J.P.M. **Custos pós-entrega: Estudo de Casos em Empreendimentos de Alto Padrão na Região Metropolitana de Florianópolis**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: [https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/218810/TCC%20-%20Jo%C3%A3o%20Pedro%20Miranda%20Mendes%20\(assinado\).pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/218810/TCC%20-%20Jo%C3%A3o%20Pedro%20Miranda%20Mendes%20(assinado).pdf?sequence=1). Acesso em: 07 dez.2022.

MORAES, M.C.B. **As Perdas na Construção Civil: Gestão do Desperdício – Estudo de Caso do Condomínio Esmeralda**. Dissertação. Curso de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina. 1997.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>> Acesso em 01/09/2022.

NIEHUES, S.H.O.; TOMIM, K.C. **Alvenarias estruturais x alvenarias convencionais uma análise orçamentária**. Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Paranaense, Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2018.

OLIVEIRA, A.P.N.; HOTZA, D. **Tecnologia da fabricação de revestimentos cerâmicos**. 2º edição. Florianópolis: Editora da UFSC, 2015.

OLIVEIRA, J.A.C.; PANTOJA, J.C.; COSTA, W.C. **Estudo de caso de patologias em revestimentos cerâmicos**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 8, p. 60555–60582, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n8-465.

PEREIRA, M.B. **Avaliação in loco da aderência do revestimento cerâmico sobre impermeabilização cimentícia**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas (FATECS) do Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), Brasília, 2013.

PEZZATO, L.M.; SICHIERI, E.P. **Principais patologias do sistema revestimento cerâmico nos últimos anos e a falta de qualificação profissional do setor**.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: https://abceram.org.br/wp-content/uploads/area_associado/53/05-009.pdf. Acesso em: 16 mar. 2021.

PINHEIRO, M.A. **Análise da utilização de ferramentas não convencionais na Construção civil**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2021.

REBELO, C.R. **Projeto e execução de revestimento cerâmico – Interno**. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil de Engenharia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

RHOD, A.B. **Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos: Análise da frequência de ocorrência em áreas internas de edifícios em uso em Porto Alegre**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SANTANA, L.R.; SILVA, J.A.M. Desperdícios de materiais no canteiro de obras; Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia-CONTECC; Palmas/TO; setembro, 2019. Disponível em: <https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/Contecc2019/Experi%C3%A2ncia%20Profissional/DESPERDICIOS%20DE%20MATERIAIS%20NO%20CANTEIRO%20DE%20OBRAS.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2022.

SANTOS, L.A. **Diretrizes para elaboração de planos da qualidade em empreendimentos da construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, C.O. **Análise crítica dos requisitos e critérios de qualidade da argamassa colante**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, M.N.P.; SILVA, M.N.P.; BARRIONUEVO, B.U.S.; FEITOSA, I.M.; SILVA, G. S. Revestimentos Cerâmicos e suas aplicabilidades. **Cadernos de graduação – Ciências exatas e tecnológicas**, Maceió, 2(3), pp. 87-97, 2015.

SILVA, P.E.V.; MOREIRA, R.R. **Projeto de Alvenaria de Vedação – Diretrizes para**

a Elaboração, Histórico, Dificuldades e Vantagens da Implementação e Relação com a NBR 15575. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

SYMANSKI, R. **O guia da fixação correta da cerâmica.** Revista Construção e Mercado. São Paulo: PINI. 1 de maio de 2017. Disponível em: <https://construcaomercado.pini.com.br/2017/05/o-guia-da-fixacao-correta-da-ceramica/>. Acesso em: 29 ab. 2019.

VICTOR, J. Guia de engenharia, 2020. **Chapisco, emboço e reboco: saiba diferenciar.** Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/chapisco-emboco-reboco/>. Acesso em: 01 set.2022.

WEBER QUARTZOLIT – Guia Weber. **Preparo da base e diagnósticos em paredes.** Disponível em: <https://www.quartzolit.weber/ajuda-e-dicas-para-construir/preparo-da-base-e-diagnosticos-em-paredes>. Acesso em: 01 set.2022.

WEBER QUARTZOLIT. **Tudo sobre juntas.** Disponível em: <https://www.quartzolit.weber/ajuda-e-dicas-para-construir/tudo-sobre-juntas>. Acesso em: 01 set. 2022.

ZANELATO, E.B. **Influência do chapisco na Resistência de Aderência à tração de revestimentos de argamassa em blocos cerâmicos.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes, 2015.