



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**USO DE TELAS DE REFORÇO PARA MINIMIZAR A
OCORRÊNCIA DE FISSURAS EM REVESTIMENTOS
EXTERNOS DE ARGAMASSA**

Kilian Cauê Diemer

Lajeado, dezembro de 2023

Kilian Cauê Diemer

USO DE TELAS DE REFORÇO PARA MINIMIZAR A OCORRÊNCIA DE FISSURAS EM REVESTIMENTOS EXTERNOS DE ARGAMASSA

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Valmir Stani Fell Júnior

Lajeado, dezembro de 2023

Kilian Cauê Diemer

USO DE TELAS DE REFORÇO PARA MINIMIZAR A OCORRÊNCIA DE FISSURAS EM REVESTIMENTOS EXTERNOS DE ARGAMASSA

A banca examinadora abaixo aprova a monografia apresentada no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. Valmir Stani Fell Júnior – orientador
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Prof. Rebeca Jéssica Schimitz
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Prof. Douglas Ferreira Velho
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Lajeado, 13 de dezembro de 2023.

RESUMO

As fissuras em paredes de fachadas correspondem a uma das principais manifestações patológicas encontradas nas edificações, permitindo que ocorram infiltrações indesejadas, além de prejuízos estéticos. Uma das principais causas para a manifestação dessa patologia são as intempéries, a chamada ilha de calor e a amplitude térmica da região em que a edificação está situada. Dentre deste contexto, o presente trabalho investigou a utilização de telas de reforço, visando a minimizar a formação de fissuras em revestimentos de fachadas de edificações que possuem espessura superior a 3 cm. Analisou-se a aplicação de telas de aço galvanizado, estuque de aço e fibra de vidro, inseridas em um traço de reboco com alto índice de fissuração. O reforço em tela estuque de aço apresentou 3,18% mais fissuras do que o reforço tela de aço galvanizado, enquanto o reforço em tela de fibra de vidro apresentou um acréscimo de 8,41% em relação ao reforço de aço galvanizado. Assim, os resultados indicam que o uso da tela de aço galvanizado se mostrou mais eficiente para reduzir a incidência e a intensidade das fissuras.

Palavras-chave: Fissuras em revestimentos de argamassa. Telas de reforço. Manifestações patológicas em fachadas.

ABSTRACT

The Cracks in facade walls constitute one of the main pathological manifestations found in buildings, allowing for unwanted infiltrations and aesthetic damage. One of the primary causes for the occurrence of this pathology is exposure to weather conditions, the so-called heat island effect, and the thermal amplitude of the region where the building is located. Within this context, the present study investigated the use of reinforcement screens to minimize the formation of cracks in facade coatings of buildings with a thickness exceeding 3 cm. The application of galvanized steel screens, steel stucco, and fiberglass was analyzed, incorporated into a plaster mix with a high cracking index. The steel stucco reinforcement showed 3,18% more cracks than the galvanized steel screen reinforcement, while the fiberglass screen reinforcement exhibited an increase of 8,41% compared to the galvanized steel reinforcement. Thus, the results indicate that the use of galvanized steel screens proved to be more efficient in reducing the incidence and intensity of cracks.

Keywords: Cracks in mortar coatings. Reinforcement screens. Pathological manifestations in facades.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Fissuras mapeadas em um revestimento externo de fachada	20
Figura 02 – Fatores de influência no revestimento para a retração da argamassa ..	21
Figura 03 – Variação do módulo de elasticidade secante da argamassa em função da temperatura.....	28
Figura 04 – Histórico de temperaturas mínimas e máximas em Lajeado/RS.	30
Figura 05 – Esquema de montagem e instrumentação do corpo de prova	32
Figura 06 – Assentamento de tijolos com o auxílio de linhas	33
Figura 07 – Execução de um revestimento de argamassa – Passo 1 – Posicionamento das taliscas em prumo e espessura definida.....	34
Figura 08 – Execução de um revestimento de argamassa – Passo 2 – Realização de mestras com a argamassa de revestimento.....	34
Figura 09 – Execução de um revestimento de argamassa – Passo 3 – Sarrafeamento com o uso de uma régua de alumínio e posterior desempenho do revestimento.....	35
Figura 10 – Tela estuque de aço galvanizada (malha 5 x 5 cm)	37
Figura 11 – Tela estuque de aço	38
Figura 12 – Tela de fibra de vidro (malha 4 x 4 cm)	38
Figura 13 – Etapas de pesquisa	40
Figura 14 – Determinação de massa específica do cimento e da cal conforme NBR 16605 (ABNT, 2017)	43
Figura 15 – Determinação de massa específica da areia conforme NBR 16916 (ABNT, 2021)	44
Figura 16 – Base e tijolos da parede para realização dos estudos	45
Figura 17 – Construção da parede com auxílio de linhas e prumo.....	45
Figura 18 – Parede para realização dos estudos com chapisco aplicado	46

Figura 19 – Execução do revestimento após a primeira camada de argamassa e aplicação das telas de reforço.....	47
Figura 20 – Processo de construção dos painéis de aquecimento.....	49
Figura 21 – Revestimento teste usado para estabelecer o protocolo de exposição térmica	50
Figura 22 - Termômetro de mira a laser	51
Figura 23 – Aquecimento do revestimento teste	51
Figura 24 – Resfriamento do revestimento teste	52
Figura 25 – Medição da temperatura superficial durante a determinação do protocolo de exposição térmica.....	53
Figura 26 – Medições de temperatura do revestimento teste para estabelecimento do protocolo de exposição à variação térmica	53
Figura 27 – Aquecimento dos corpos de prova com os painéis	54
Figura 28 – Mapeamento das fissuras nos corpos de prova	56
Figura 29 – Identificação da abertura de fissuras do corpo de prova (a).....	57
Figura 30 – Identificação da abertura de fissuras do corpo de prova (b).....	57
Figura 31 – Identificação de abertura de fissuras do corpo de prova (c).....	57
Figura 32 – Identificação de abertura de fissuras do corpo de prova (d).....	58
Figura 33 – Índice de fissuração para cada corpo de provas (análise 1)	59
Figura 34 – Análise visual de descolamento	61
Figura 35 – Mapeamento das fissuras do revestimento (d) considerando o deslocamento.....	62
Figura 36 – Índice de fissuração para cada corpo de provas (análise 2)	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Traços mais comuns utilizados na construção civil	22
Quadro 02 – Propriedades mecânicas das argamassas estudados por Araújo	23
Quadro 03 – Classificação de intensidade para incidência de fissuração	24
Quadro 04 – Descrição, composição e índice de fissuração das argamassas estudadas por Silva (2006)	24
Quadro 05 – Traços desenvolvidos por Musse (2020) com base nas pesquisas de Silva (2006)	25
Quadro 06 – Propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido	25
Quadro 07 – Espessuras de revestimentos internos e externos de acordo com NBR 13749	36
Quadro 08 – Variáveis fixadas e alteradas no experimento	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Amplitude anual histórica	30
Tabela 02 – Massa específica e unitária dos insumos da argamassa	44
Tabela 03 – Análise de abertura de fissuras dos revestimentos	58
Tabela 04 – Índice de fissuração dos corpos de prova (análise 1).....	59
Tabela 05 – Índice de fissuração dos estudos sob análise complementar.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa	13
1.2 Problema de pesquisa	14
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo geral	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Organização e estrutura do trabalho	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Patologia em construções: uma definição	16
2.2 Revestimentos de argamassa: desempenho e manutenção	17
2.3 Revestimentos de argamassa: fissuras e descolamento	19
2.4 Argamassas e os fatores que influenciam o revestimento	20
2.4.1 Composição da argamassa	21
2.4.2 Exposição às intempéries	28
2.4.3 Execução de paredes e revestimentos	32
2.5 Telas para reforço de revestimentos	36
2.5.1 Tela de aço galvanizada	38
2.5.2 Tela estuque de aço	39
2.5.3 Telas de fibra de vidro	39
3 MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1 Etapa 1.A: Fundamentação	41
3.2 Etapa 1.B: Concepção preliminar do experimento	41
3.3 Etapa 2.C: Desenvolvimento do experimento	42
3.3.1 Construção dos corpos de prova	43

3.3.2 Ensaio de exposição à variação térmica	48
3.4 Etapa 2.D: Análise dos resultados e discussões	54
3.5 Etapa 2.E: Conclusões	54
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o processo de urbanização e avanço das áreas edificadas das cidades gerou um fenômeno conhecido como ilhas de calor. O aumento da concentração de materiais cimentícios e asfálticos, unido à baixa capacidade reflexiva que possuem, propiciou o acréscimo da absorção de calor, influenciando diretamente em uma das principais patologias em revestimentos de argamassa, as fissuras (Estulano, 2004). Segundo Landau et al. (2009), as mudanças climáticas estão entre os principais fatores para a ocorrência das fissurações, o que torna imperativo dar atenção a esse problema, observando a distribuição das juntas e a disposição de reforços nas superfícies, por exemplo.

Ao longo da vida de um imóvel, é inquestionável que seus revestimentos externos de argamassas estão expostos a essas condições climáticas. Esse processo de variação térmica gera tensões internas que provocam fissuras e deslocamentos. Dessa forma, é importante aplicar técnicas para minimizar tal manifestação patológica, evitando problemas estéticos e de desempenho, sobretudo, inclusive, pelo fato da argamassa compor o método de revestimento mais utilizado no Brasil (Nenevê, 2020). Landau et al. (2009) afirmam que, para reduzir a ocorrência de fissuras, o aspecto térmico do ambiente deve ser considerado no planejamento e na execução.

Nessa perspectiva, conhecer as manifestações patológicas, os fatores que influenciam para a ocorrência de fissuração e as normas de desempenho para revestimentos é relevante para investigação. Segundo Nazário e Zancan (2011), o estudo das patologias envolvendo fissuras em revestimentos ainda é carente de soluções universais. Isso ocorre, pois a argamassa possui diversos fatores de

influência, envolvendo a composição, o ambiente e a própria execução. Portanto, formas para aprimorar e ampliar o conhecimento sobre o assunto são fundamentais para reduzir os fatores de erro.

Existem algumas técnicas e soluções disponíveis no mercado da construção civil que podem ser aplicadas para consertar e solucionar o problema no momento em que ele já aconteceu, destacando o preenchimento das fissuras com materiais elásticos ou flexíveis, como selantes, que visam selar a abertura e evitar a entrada de água (Silva e Godoy, 2022). A utilização de telas de reforço, todavia, é uma maneira de prevenir a patologia antes da ocorrência, uma vez que ela serve para amenizar e suportar as tensões sofridas pelo reboco.

Nesta perspectiva, esta pesquisa buscou estudar, por meio de ensaios em corpos de provas, preparados com diferentes telas de reforço, a eficiência dessa abordagem construtiva para minimizar a abertura de fissuras em fachadas de edifícios.

1.1 Justificativa

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção, os processos construtivos devem ser concebidos com qualidade e observância das melhores práticas, visando minimizar o aparecimento de futuras patologias (CBIC, 2013). As fissuras, diante de todas as manifestações patológicas, são as principais causadoras de problemas para construtoras, clientes e investidores. Na sua ocorrência, elas podem danificar a estrutura, proporcionar malefícios estéticos e provocar infiltrações, prejudicando a venda dos imóveis e causando desconforto aos moradores. Diante dessa demanda, é indubitável que existe a necessidade de estudar e propor soluções para minimizar o surgimento de fissuras em fachadas (CBIC, 2013; Zuchetti, 2015).

Além disso, cabe citar a existência dos fenômenos naturais, envolvendo o sol, a chuva e o vento, aquecendo e resfriando as fachadas. Observa-se que, na região Sul do Brasil, onde o estudo está inserido, há uma ampla variação térmica, o que corrobora para intensificar a aparição de tal patologia, uma vez que esse fenômeno está presente em todas as estações do ano (Zuchetti, 2015). Diante disso, esse estudo torna-se relevante para diversos grupos de profissionais, desde fabricantes de revestimentos, construtoras, empresários e, inclusive, para o consumidor final.

Sobretudo, não há outros trabalhos que investigam o uso de reforço de tela em argamassas de revestimentos externos na Universidade do Vale do Taquari, bem como não foram localizados trabalhos sobre esse assunto destacando a região Sul do Brasil.

1.2 Problema de pesquisa

Considerando que (a) as fissuras são uma das patologias que causam inúmeros transtornos para todos os envolvidos; (b) as condições climáticas de desta região (Lajeado/RS) são de alta variação térmica e que (c) as telas de reforço podem ser uma solução para minimizar o surgimento de fissuras, este trabalho deseja responder a seguinte questão de pesquisa:

Qual tela de reforço apresenta resultados melhores na redução da formação de fissuras em revestimentos de argamassa?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Diante da questão de pesquisa, o objetivo do trabalho é avaliar qual tela de reforço oferece melhor resposta para prevenção de fissuras, quanto ao volume de incidência e outras características relevantes, em revestimentos de argamassa de fachadas, visando a minimizar essa manifestação patológica.

1.3.2 Objetivos específicos

Os seguintes objetivos específicos foram definidos para acurar o objetivo principal:

- Entender quais são as principais variáveis que influenciam o comportamento de um revestimento de argamassa;
- Entender o procedimento normatizado para avaliar a qualidade de revestimentos de argamassa em função da variação da temperatura;
- Especificar um protocolo para realizar os ensaios de exposição à variação térmica.

1.4 Organização e estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, sendo o primeiro esta introdução. O capítulo dois deste trabalho trata da fundamentação teórica da pesquisa, onde são abordados os conceitos, aspectos sobre o desempenho e manutenções de fachadas e as principais patologias em revestimentos de argamassa. Além disso, os fatores que influenciam no revestimento de argamassa bem como uma forma de prevenção de fissuras envolvendo telas de reforço também fazem parte dessa revisão.

A metodologia da pesquisa, abordando o desenvolvimento do experimento é mencionada no capítulo três. Nesse capítulo, o passo a passo dos estudos foi minudenciado, explicando o processo de construção dos corpos de prova para realização dos ensaios, a construção de um aparato para expor os revestimentos à variação térmica e, claro, a execução dos ensaios.

No capítulo quatro deste trabalho, traz-se a análise dos dados observados e mapeados após a realização dos ensaios de exposição à variação térmica. Por fim, no capítulo cinco, é apresentada uma conclusão qualitativa sobre o desempenho dos materiais, buscando uma solução para a questão de pesquisa e sugerindo o uso daquele que obteve o melhor retorno, como uma possível solução ao problema de fissurações em fachadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta o resultado da busca por pesquisas no campo da patologia das construções aplicada às fissurações. A seção 2.1 apresenta o entendimento conceitual da manifestação patológica em construções. Na seção 2.2 destaca-se a influência dos materiais para o desempenho de uma estrutura e as manutenções necessárias para aumentar a vida útil das edificações. A seção 2.3 aborda e as manifestações patológicas em revestimentos de argamassa relevantes para esta pesquisa. Na seção 2.4 são explorados os fatores que atuam sobre os revestimentos de fechadas e, por fim, a seção 2.5 fundamenta o uso de telas reforço em revestimento de argamassa.

2.1 Patologia em construções: uma definição

Na Construção Civil, a patologia compreende a área da engenharia que estuda o estado da estrutura que, por meio de algum meio indesejado, obteve desempenho insatisfatório. Nesse estudo engloba a análise dos sintomas, caracterizando suas origens e causas, ocorrências e possíveis consequências. (Cremonini, 1988).

Para conceituar o termo *patologia*, destaca-se a descrição relatada por Nazario e Zancan (2011, p. 01):

Patologia, de acordo com os dicionários, é a parte da Medicina que estuda as doenças. A palavra patologia tem origem grega de *phatos*, que significa sofrimento, doença, e de *logia*, que é ciência, estudo. Sendo assim, o dicionário Michaelis define a palavra como a “Ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças”.

Segundo o dicionário Michaelis (2023, online), tem-se que a patologia é: “Ciência que estuda todos os aspectos da doença, com especial atenção à origem, aos sintomas e ao desenvolvimento das condições orgânicas anormais e suas consequências”.

Compreende-se que ao longo dos anos, a humanidade ampliou o desenvolvimento tecnológico para realização das construções, melhorando aspectos de concepção, de qualidade e de mão de obra. Todavia, por mais que as melhorias tenham ocorrido, ainda há limitações, práticas inadequadas e falhas que corroboram para desempenhar uma situação insatisfatória. Por este motivo, geram-se as manifestações patológicas na construção civil. (Souza e Ripper, 1998)

Segundo Oliveira (2013), o processo de execução das atividades envolvendo a construção da alvenaria e a realização do reboco é considerado crucial quando se fala sobre patologias nos revestimentos. Diante disso, o entendimento de patologia pode ser apresentado como o estudo de todas as partes que compõe o diagnóstico do problema que, para os revestimentos de argamassa, estão envolvidos nesse diagnóstico tanto a concepção do projeto quanto a execução e o ambiente.

2.2 Revestimentos de argamassa: desempenho e manutenção

A análise de desempenho é fundamental para o assunto em questão. Isso porque o desempenho da estrutura está diretamente ligado a forma como ela foi projetada e executada. Dessa maneira, pode-se inferir que o resultado da obra desenvolvida, tanto na fase de concepção do projeto, quando na execução, corrobora para um revestimento de qualidade reduzindo a incidência de fissuras (Oliveira, 2013).

A definição prévia de quais materiais e técnicas são utilizados no projeto faz com que o processo de execução se torne mais fácil e ágil, uma vez que, as características dos materiais são conhecidas (Cremonini, 1988). Por meio dessa premissa, quando novas tecnologias são desenvolvidas, é papel das indústrias realizarem testes que comprovem as propriedades dos materiais. Além disso, os profissionais da área devem se manter atualizados ao mercado e às novas técnicas plausíveis para utilização.

Cremonini (1988, p.18) acrescenta que:

O conceito de desempenho facilita o trabalho do projetista que ao escolher determinada solução sabe o que esperar dela, desde que suas características tenham sido definidas pelos fabricantes e se possível avaliadas por órgãos fiscalizadores, os quais ficariam responsáveis por revisões periódicas da manutenção destas características.

A manutenção de uma construção, em especial, de edificações são fundamentais para manter o desempenho dos materiais, pois, ao longo do tempo, é evidente que estes sofrem degradações e, com o tempo, exigem certos cuidados (Cremonini, 1988). De acordo com Perez (1985), a manutenção pode ser definida em dois grupos. O primeiro engloba as operações de limpeza, substituição de materiais com vida útil ultrapassada e reparos durante a construção. O outro está voltado a uma etapa de restauração ou recuperação com o objetivo de reestabelecer o desempenho inicial do material.

Além disso, outros termos importantes em relação à temática envolvendo manutenções são vida útil e durabilidade. Isso é, as edificações devem ser projetadas para atender critérios de segurança e funcionalidade bem como apresentar aparência aceitável durante um período. Este tempo previsto para a manutenção varia conforme as propriedades e contato com o meio, que cada material possui, e podem ser implícitos pelo fabricante ou explícitos. Por durabilidade, entende-se que é capacidade de manter as características originais pelo tempo de vida útil esperado (Oliveira, 2013).

O envelhecimento dos materiais é um processo inevitável, porém, é possível retardá-lo através de uma execução adequada. Esse processo envolve a utilização de materiais de qualidade e a realização de manutenções periódicas, que, muitas vezes, são vistas como um problema financeiro de baixa prioridade. No entanto, é indubitável considerá-las como um investimento para prevenir problemas maiores e permanecer valorizado os imóveis (Weimer, Thomas e Dresch, 2018). A NBR 5674 (ABNT, 2012) caracteriza que construir não é suficiente: é necessário estabelecer manutenções para manter aquilo que foi executado. Isto é, fazer com que a construção permaneça habitável pelo período a qual ela foi projetada.

O surgimento de problemas patológicos não pode ser atribuído exclusivamente à falta de manutenção, pois uma combinação de erros em todas as etapas da execução é responsável pelos principais aspectos. No entanto, é importante reconhecer que os usuários também têm sua parcela de responsabilidade ao não corresponderem às exigências de cuidado com as estruturas (CBIC, 2013).

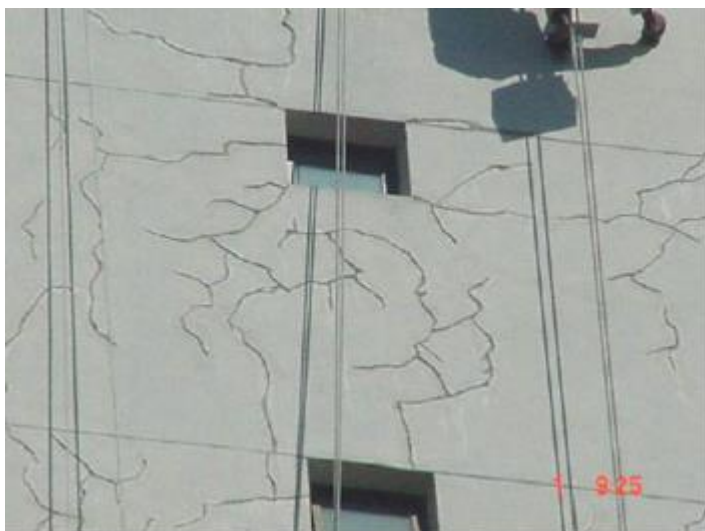
2.3 Revestimentos de argamassa: fissuras e descolamento

De acordo com Sahade et al. (2013), as fissuras podem ser classificadas quanto à forma, sendo geométrica ou mapeadas, bem como quanto à atividade, sendo ativas ou passivas. Entende-se que as fissuras ativas são aquelas que apresentam variação de abertura ao longo do tempo, principalmente decorrente da variação térmica. Já as passivas, são fissuras consideradas estabilizadas, não alterando suas aberturas.

As causas mais comuns para aparecimento dessa manifestação patológica estão relacionadas com as movimentações térmicas, sobrecargas, deformações das estruturas, retração na secagem, recalque na fundação e execução incorreta do revestimento argamassado (Bauer, 2010; Thomaz, 2006).

Quando as fissuras aparecem mapeadas ao longo do revestimento, Antunes (2010) comenta que estas são originadas por movimentações térmicas diferenciadas entre o revestimento e a estrutura. A NBR 13749 (ABNT, 2013a) relata que, além da formação de fissuras devido a retração na secagem, elas podem ocorrer através do elevado número de finos da composição cimentícia. A figura abaixo mostra uma parede de uma edificação externa com fissuras mapeadas.

Figura 01 – Fissuras mapeadas em um revestimento externo de fachada



Fonte: Sahade (2005).

Além das fissuras, o descolamento é outro problema preocupante que pode ocorrer em um revestimento. Tal manifestação é ocasionada pela perda de aderência entre a argamassa e o seu sistema de colagem ao substrato. Ao longo do tempo, essa perda de aderência pode se agravar e iniciar um processo de ruptura entre as camadas, gerando um deslocamento (Antunes, 2010).

Outro agente que pode causar o descolamento de um revestimento de argamassa está relacionado ao ciclo de aquecimento e resfriamento. Isso ocorre devido a dilatação e retração do material, formando fissuras que possibilitam a entrada de água entre o substrato e a argamassa. A água, por sua vez, após novos ciclos de aquecimento, causa uma força interna capaz de gerar o descolamento do revestimento (Masuero e Longhi, 2013).

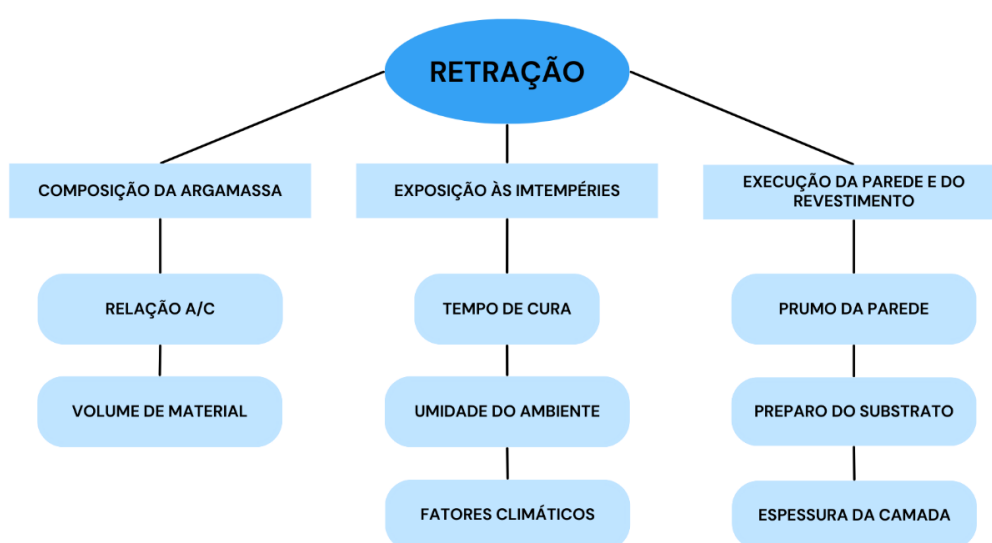
2.4 Argamassas e os fatores que influenciam o revestimento

As argamassas de revestimento são utilizadas na construção civil para proteção e acabamento das superfícies. Segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013b), elas consistem no cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas capazes de receber um revestimento decorativo ou serem elas mesmas o acabamento final.

Neste sentido, para analisar fissuras em revestimentos de argamassa, é imprescindível observar a retração, influenciada, principalmente, por três fatores: a composição, ou seja, o traço da argamassa, a exposição às intempéries e a execução

da parede. Em relação à composição, a relação a/c (água/cimento) e o volume dos materiais são as variáveis que mais influenciam esse fator. Quanto às condições de exposição, algumas variáveis que corroboram para a retração são o tempo de cura, a umidade do ambiente e a temperatura. Em relação à execução, a espessura da camada e o preparo do substrato são fundamentais para a qualidade do reboco (Penã, 2004). A Figura 02, abaixo, mostra os três principais fatores de influência no revestimento, apresentando as variáveis deste estudo.

Figura 02 – Fatores de influência no revestimento para a retração da argamassa



Fonte: do autor com base em Penã (2004).

2.4.1 Composição da argamassa

O material cimentício consiste na composição de uma mistura entre cimento, cal, areia e água, com a possibilidade de inclusão de aditivos químicos. A definição do traço da pasta cimentícia deve considerar as propriedades mecânicas desejadas para a argamassa, uma vez que elas são impactadas pelos insumos utilizados e por suas quantidades. Além disso, o traço deve considerar o ambiente de aplicação e o substrato utilizado (Leggerini e Aurich, 2015).

A preparação dessa composição pode ser feita tanto em canteiro de obra, misturada em uma betoneira, quanto ser industrializada, ou seja, preparada por uma concreteira. Em ambos os modelos, é fundamental avaliar a finalidade de utilização

dessa argamassa para então, realizar o traço adequado que deve ser rigorosamente seguido para que argamassa atinja as necessidades e exigências da NBR 13281 (ABNT, 2023). Por meio de ensaios e práticas, na construção civil, estabeleceu-se traços usuais para a realização de juntas de assentamento, bem como para chapisco, para emboço e reboco. O Quadro 01 mostra alguns traços mais praticados para assentamento e revestimento. Contudo, salienta-se que eles são recomendações e cada caso de utilização possui características distintas, necessitando uma avaliação independente (Leggerini e Aurich, 2015).

Quadro 01 – Traços mais comuns utilizados na construção civil

UTILIZAÇÃO	CARACTERÍSTICA	CIMENTO	CAL	AREIA	CARACTERIZAÇÃO DA AREIA
Alvenaria de tijolo maciço	Esp. 1 tijolo – 20 a 22cm	1	1,5	6	Grossa comum
Alvenaria de tijolos 6 furos ou 8 furos	A chato	1	1,5	6	Grossa comum
	A espelho	1	2	8	Grossa lavada
Chapisco	Sobre alvenaria	1		4	Grossa lavada
Emboço	Externo, base para reboco	1	2	9	Média lavada
Reboco	Externo, base para pintura		1	3	Fina lavada

Fonte: do autor baseado em Leggerini e Aurich (2015).

Nota-se que, cada insumo possui uma característica importante para a composição da pasta cimentícia, sendo necessária sua dosagem de forma correta. Para o entendimento de como os materiais se comportam e quais os malefícios dos seus usos em excessos, relatou-se as características do cimento, da cal e do agregado detalhados a seguir:

O cimento é o aglomerante responsável por ligar as partículas soltas e suas características influenciam na qualidade do revestimento, pois o uso em excesso desse material, pode provocar um aumento excessivo da resistência mecânica da composição, interferindo no aumento do módulo de elasticidade da pasta cimentícia. Essa interferência é capaz de incompatibilizar a mistura com a sua base de aplicação uma vez que as deformações dos elementos são diferenciais, sendo plausíveis de causarem fissurações. Além disso, destaca-se esse aumento no teor de cimento pode incrementar a ocorrência de fissurações por retração (Silva, 2006).

A cal tem um papel muito importante para a coesão da mistura. Ela possui ótimas propriedades plastificantes e de retenção de água, além de, pelo fato dela reter água, o aumento da trabalhabilidade é eficaz (Carasek, Cascudo e Scartezini, 2001). No entanto, assim como o cimento, é indubitável que ela atende aos critérios de dosagens, pois o seu excesso também é um causador importante de fissuras nos revestimentos (Silva, 2006). O aumento da relação entre cal/cimento e agregado/cimento nas argamassas proporcionaram reduções no módulo de elasticidade, na aderência e na resistência a compressão da matriz cimentícia. Estes estudos, foram relatados por trabalhos de Araújo (2004) e Cincotto et al. (1985) gerando o quadro abaixo.

Quadro 02 – Propriedades mecânicas das argamassas estudados por Araújo

Traço (em volume)	Módulo de Elasticidade (E) [GPa]	Resistência [MPa]	
		Aderência	Compressão
1:1,86:8,69:2,54	2,05	0,28	1,42
1:1,24:6,82:1,97	4,21	0,45	2,52
1:1,47:6,10:2,14	3,07	0,48	2,88
1:1,80:6,23:1,94	4,73	0,48	3,12

Fonte: Araújo (2004) apud Silva (2006).

Segundo Silva (2006), o agregado é um elemento fundamental na composição da mistura visto que possui influência direta na determinação das propriedades de retração, resistência mecânica e módulo de deformação. Ademais, as dosagens e características têm correlação direta com a resistência a aderência das argamassas, considerando que o aumento de teor de areia reduz a adesão ao substrato (Carasek, Cascudo e Scartezini, 2001). Dito isso, considera-se que a granulometria do agregado é importante para o desempenho adequado do revestimento. Areias mais grossas, por exemplo, prejudicam a trabalhabilidade da argamassa e não garantem resultados satisfatórios no acabamento de um reboco. Já areias mais finas, provocam o aumento do consumo de água, tendendo a aumentarem a fissuração (Silva, 2006).

Por meio de estudos, Silva (2006) desenvolveu diversos painéis com diferentes traços com excessos de insumos a ponto de verificar a incidência de fissuração pela aplicação de calor e vento. Alguns dos traços estudados por Silva (2006) estão discriminados no Quadro 04, demonstrando que os excessos de aglomerantes e agregados, em especial, a cal, prejudicam o desempenho do revestimento. As

incidências de fissuração, dos estudos de Silva (2006), registrados no Quadro 04, foram classificadas conforme os intervalos apresentados no Quadro 03.

Quadro 03 – Classificação de intensidade para incidência de fissuração

Descrição	Intervalo de classificação
Baixa	$\leq 0,3 \text{ m/m}^2$
Média	$0,3 \text{ m/m}^2 < \text{Índice de fissuração} < 0,9 \text{ m/m}^2$
Alta	$\geq 0,9 \text{ m/m}^2$

Fonte: do autor com base em Silva (2006).

Quadro 04 – Descrição, composição e índice de fissuração das argamassas estudadas por Silva (2006)

Painel	Descrição	Traço	Água/cimento	Índice de fissuração [m/m ²]	Intensidade
		Massa Volume			
Pb-01	Elevado teor de cimento	1: 0,2: 1,3: 1,3	0,70	0,86	Média
		1: 0,3: 0,9: 0,9			
Pb-02	Elevado teor de cimento	1: 0,4: 2: 2,1	1,04	0,11	Baixa
		1: 0,5: 1,4: 1,5			
Pb-04	Elevado teor de cimento	1: 0,6: 3: 3	1,41	0,06	Baixa
		1: 0,8: 2: 2,2			
Pb-11	Elevado teor de cal com argamassa dormente	1: 3: 6: 6	4,25	1,54	Alta
		1: 4,2: 4,1: 4,4			
Pb-12	Elevado teor de cal	1: 3: 6: 6	3,47	1,51	Alta
		1: 4,2: 4,1: 4,4			
Pb-14	Elevado teor de cal	1: 3,2: 12: 0	3,48	0,49	Média
		1: 4,5: 8,2			
Pb-15	Elevado teor de agregado	1: 1,5: 10: 10	4,70	-	Sem fissuras
		1: 2,1: 6,8: 7,3			
Pb-16	Elevado teor de agregado	1: 1,7: 0: 20	4,73	-	Sem fissuras
		1: 2,4: 0: 14,5			
		1: 1,8: 20: 0	4,60	-	

Painel	Descrição	Traço	Água/cimento	Índice de fissuração [m/m²]	Intensidade
		Massa Volume			
		1: 2,5: 13,6: 0			
Pb-17	Elevado teor de agregado				Sem fissuras

Fonte: do autor com base em Silva (2006).

Observação 01: O traço está apresentado em massa e em volume na seguinte ordem: cimento:cal:areia média: areia rosa;

Observação 02: Os painéis Pb-14, Pb-15, Pb-16 e Pb-17 não foram submetidos à aplicação de calor e vento.

Baseado em Silva (2006), Musse (2020) também desenvolveu traços com excesso de cal para verificar a incidência de fissuração. O quadro abaixo mostra dois desses traços realizados por Musse (2020) que, inclusive, serviram como referência para realização dos estudos deste trabalho (vide seção 3.3.1).

Quadro 05 – Traços desenvolvidos por Musse (2020) com base nas pesquisas de Silva (2006)

Argamassa	Traço em massa	Traço em volume
Arg.Mista-01	1: 2,5: 12: 3,10	1: 4,55: 8,05: 3,10
Arg.Mista-02	1: 3,24: 12: 3,30	1: 5,89: 8,05: 3,30

Fonte: do autor baseado em Musse (2020).

Além do traço é fundamental observar também as propriedades mecânicas da composição para se obter uma correta execução do revestimento. Baseado nas características dos insumos, determina-se a escolha de cada material, analisando a finalidade da pasta cimentícia e o local de aplicação. Para as argamassas, é importante destacar o Quadro 06, abaixo, que lista propriedades importantes para dois estados característicos: o estado fresco e o endurecido (Leggerini e Aurich, 2015).

Quadro 06 – Propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido

ESTADO FRESCO	ESTADO ENDURECIDO
Teor de ar e massa específica adequada	Aderência
Trabalhabilidade	Capacidade de absorver deformações
Aderência inicial	Resistência mecânica
Retenção de água	Resistência ao desgaste
Retração na secagem	Durabilidade

Fonte: do autor com base em (Leggerini e Aurich, 2015)

A massa específica é uma propriedade física que todas as substâncias e materiais possuem. De forma explicativa, ela representa a razão entre a massa e o volume do material, expressa, portanto, pela fórmula a seguir:

$$M_{esp} = \frac{m}{V}$$

Onde:

M_{esp} = Massa específica (g/cm³)

m = Massa do material (g)

V = Volume do material (cm³)

A massa unitária, por sua vez, também é uma propriedade física que relaciona a razão entre massa e volume de um material, possuindo a mesma disposição formular da equação citada acima. No entanto, existe uma diferença fundamental que distingue as duas propriedades (Fiorotti, 2015)

De modo geral, a massa unitária trata-se da forma de caracterizar o material considerando seu estado natural, ou seja, incluindo que o agregado possui vazios entre suas partículas. Diante disso, diz-se que a massa unitária de um insumo é a relação entre o peso do material e o seu volume gerado, sem a remoção dos vazios entre os grãos (Fiorotti, 2015).

Por outro lado, quando se trata de massa específica, é necessário entender que a massa e o volume, que o material ocupa, está desconsiderando os vazios entre os grãos. Dessa maneira, tem-se uma substância com as partículas mais condensadas, sem a presença de ar entre elas. Por meio das NBRs 16605 (ABNT, 2017) e 16916 (ABNT, 2021), para caracterizar tal propriedade, utilizam-se recipientes específicos e normatizados (vide Figura 14 e 15) contendo um líquido capaz de remover os vazios dos aglomerantes e agregado.

Em relação à retenção de água, Leggerini e Aurich (2015) expõem a necessidade desta propriedade para a permissibilidade das reações de endurecimento. Dessa maneira, durante o processo de cura da argamassa, ocorre a hidratação do cimento com ganho de resistência e, conseqüentemente, o aumento da capacidade de absorção de deformações. Sobre a retração na secagem, os autores, assim como Peña (2004), evidenciam que ela é originada a partir da evaporação da

água e que, uma retração acelerada pode provocar o aparecimento de fissuras. Além disso, relata-se que o traço, a espessura, o intervalo de aplicação das camadas e o tempo de desempenho são influências significativas para a retração da argamassa.

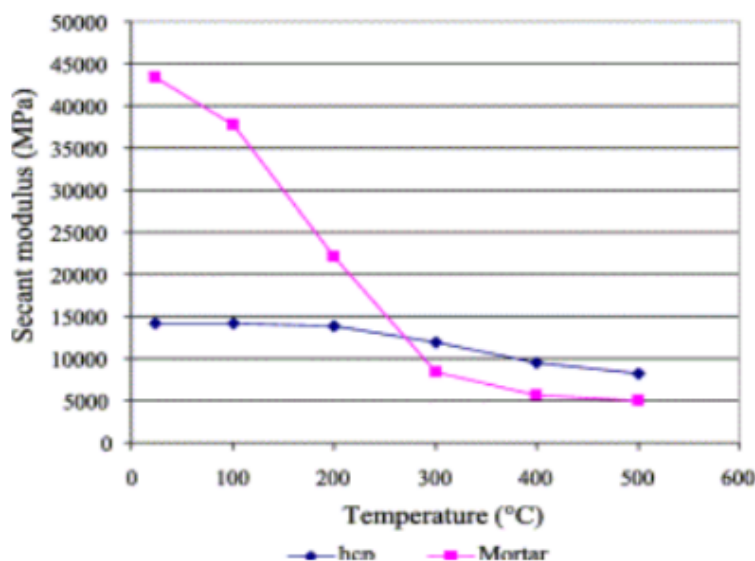
Segundo Callister (2000), a obtenção do Módulo de Elasticidade (E) é realizada a partir do resultado da relação entre a razão de uma tensão aplicada por uma deformação pela qual o elemento sofreu. Faz-se necessário entender que este módulo é encontrado na zona de elasticidade do material, isso é, na região onde o material consegue deformar e voltar ao seu estado indeformável na medida em que a tensão é reduzida.

Quando o material ultrapassa sua tensão de escoamento, ele encontra-se na zona de plasticidade, onde as suas deformações não retornam ao estado inicial. Cada material possui características distintas que alteram o seu módulo de elasticidade bem como suas deformações perante a aplicação de tensões, no entanto, todos possuem tensões limite e estão passíveis para sofrerem ruptura (Silva e Campiteli, 2008).

De todo modo, para o estudo das fissurações, a elasticidade torna-se imprescindível, pois trata-se da capacidade de deformação que o revestimento argamassado possui sem ocorrer ruptura, retornando ao estado inicial quando as tensões são cessadas. De acordo com Silva e Campiteli (2008), as fissuras estão ligadas a elasticidade e a resistências inadequadas da mistura, principalmente, proveniente de esforços de tração, proporcionados pelas tensões resultantes de retrações de secagem e térmicas.

Sobretudo, tem-se estudado por muito tempo que a variação de temperatura tem influenciado nos resultados de concretos e argamassas. Por meio da Figura 03 é possível identificar que, a partir do aumento térmico, em altas temperaturas, tem-se uma redução no módulo de elasticidade (FU *et al.*, 2004).

Figura 03 – Variação do módulo de elasticidade secante da argamassa em função da temperatura.



Fonte: FU et al. (2004).

Dessa forma, pelo fato de o Módulo de Elasticidade estar relacionando a razão entre tensão e deformação, a medida em que se aumenta a temperatura de uma argamassa, compreende-se que uma tensão “z” qualquer consegue proporcionar maiores deformações no material.

2.4.2 Exposição às intempéries

Diante do vasto conhecimento que permeia a engenharia civil, a amplitude térmica, as variações térmicas e as características locais são informações importantes para a execução dos acabamentos de uma edificação. Sendo assim, é de notória necessidade que haja um planejamento adequado para realizar os processos de execução de um revestimento, observando constantemente a temperatura da região (Landau et al., 2009).

Entende-se por amplitude térmica, a diferença de temperatura em uma região considerando um determinado período. Ela pode ser calculada avaliando, geralmente, três diferentes períodos: dia, mês e ano. Para cálculo da amplitude térmica anual, por exemplo, considera-se a diferença entre a temperatura média do mês mais quente com a do mês mais frio. Para o cálculo da amplitude térmica mensal, considera-se a média de temperatura entre o dia mais quente e o dia mais frio dentro de um

determinado mês. Já a diária, baseia-se entre a diferença da maior temperatura e a menor registrada naquelas 24 horas (Lopes, Aleixo e Neto, 2019).

No Brasil, pelo fato de possuir uma grande área territorial, a influência climática é extremamente perceptível no dia a dia da população e, conseqüentemente, das construções. Em diversas épocas do ano, é possível identificar uma amplitude térmica diária alta, podendo acarretar muitas dilatações e fissurações. Na região onde o estudo foi realizado, essa amplitude também sofre variações consideráveis durante o ano.

A Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES), possui um Núcleo de Informações Hidrometeorologias (NIH) que atua no monitoramento de elementos climatológicos para a comunidade local. As variações meteorológicas são registradas por estações da própria universidade, bem como do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

De acordo com a página do NIH da Univates (2023):

O setor consulta as mais variadas fontes, como: imagens do satélite meteorológico GOES 16 e modelos numéricos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), imagens de radar meteorológico divulgadas pela Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (Redemet), mapas de previsão do tempo do National Centers for Environmental Prediction (NCEP/NOAA) e do Windy.

A Estação meteorológica da Univates situa-se em Lajeado/RS e está em funcionamento desde setembro de 2003, registrando variações diárias de forma automática. Sua localização exata encontra-se na latitude 29°26'40.40"S e longitude 51°57'27.51"W. De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), para a realização de estudos, é necessário registrar um período de 30 anos de observações do clima. Todavia, a análise prévia do clima pode ser feita caso o registro das informações seja constate e contínuo (Soriano, 1997).

Por meio dos dados históricos disponibilizados pelo NIH, foi possível construir a Tabela 01, que mostra as temperaturas médias máximas e mínimas de cada ano. Com essas informações, foi possível determinar a amplitude anual de cada ano. A análise nos indica que, em Lajeado/RS, existe uma alta amplitude na temperatura, o que instiga ainda mais a necessidade da realização de revestimentos com qualidade

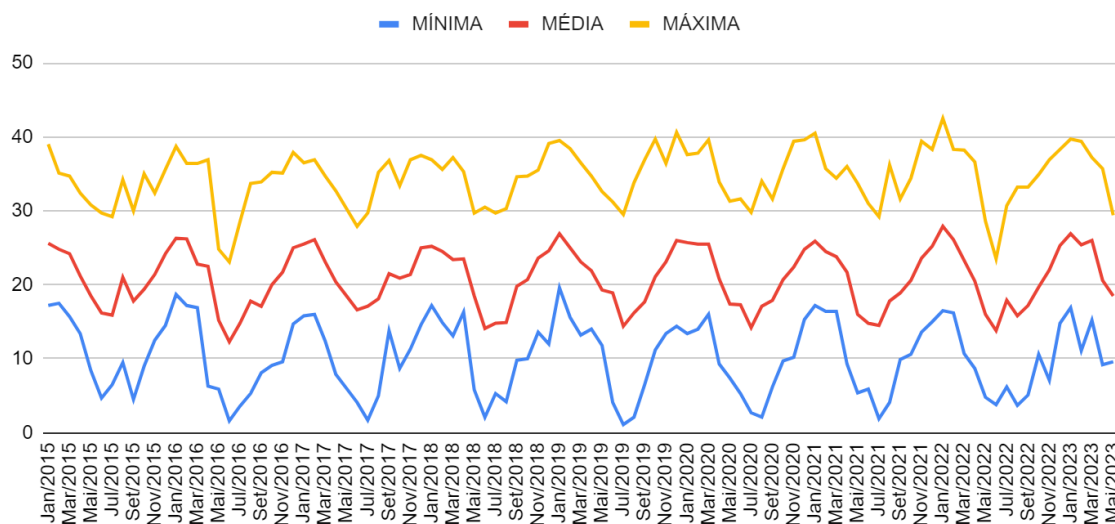
com suas devidas manutenções. Assim, as fachadas, por estarem em contato direto com essa variação térmica, são as principais afetadas por intempéries. Além da Tabela 01, a Figura 04 mostra o histórico de temperaturas mínimas e máximas na cidade de Lajeado/RS (NIH Univates, 2023).

Tabela 01 – Amplitude anual histórica

Ano	Temperatura média mínima		Temperatura média máxima		Amplitude anual
2015	15,9°C	Julho	25,6°C	Janeiro	9,7°C
2016	12,3°C	Junho	26,3°C	Janeiro	14°C
2017	17,1°C	Julho	26,1°C	Fevereiro	9°C
2018	14,1°C	Junho	25,2°C	Janeiro	11,1°C
2019	14,4°C	Julho	26,9°C	Janeiro	12,5°C
2020	14,2°C	Julho	25,7°C	Janeiro	11,5°C
2021	14,5°C	Julho	25,9°C	Janeiro	11,4°C
2022	13,8°C	Junho	27,9°C	Janeiro	14,1°C

Fonte: do autor com base em NIH Univates (2023).

Figura 04 – Histórico de temperaturas mínimas e máximas em Lajeado/RS.



Fonte: do autor com base em NIH Univates (2023).

Com o intuito de avaliar o comportamento de um de um sistema de vedação vertical externo (SVVE), o anexo E da NBR 15575-4 (ABNT, 2013c), estabeleceu um ensaio de exposição a variação térmica. A avaliação do ensaio está baseada na

análise de ocorrência de fissuras e falhas no desempenho do revestimento de fachada através da realização de ciclos sucessivos de aquecimento e resfriamento.

A realização desse ensaio é feita a partir da construção de um painel radiante capaz de aquecer o sistema de vedação externo a uma temperatura superficial de 80 (+/- 3) °C. A parede (corpo de prova), que será submetida ao ensaio, deve possuir as dimensões de 1,0 (+/- 0,20) metros de largura pela altura equivalente ao pé-direito da edificação. Sendo assim, o painel de aquecimento deve ser posicionado em frente a parede, mantendo a temperatura constante de 80 (+/- 3) °C por um período de uma hora. Após o aquecimento, a parede deve ser resfriada por uma aspersão de água até atingir a temperatura de 20 (+/- 5) °C. Esse processo deve ser repetido sucessivamente 10 vezes. O sistema de medição de temperatura deve ser feito por meio de 5 termopares dispostos conforme a Figura 05 (ABNT, 2013c).

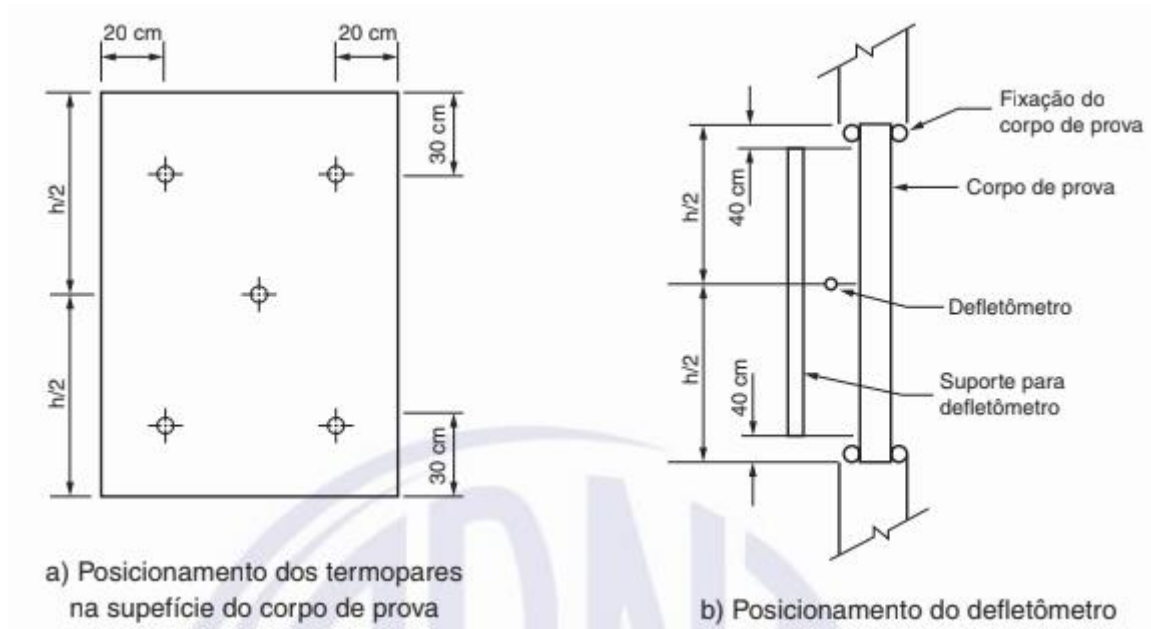
De acordo com o item E.2 do Anexo E, os materiais necessários para execução do ensaio são:

- Painel radiante capaz de fornecer calor em quantidade tal que a face externa da parede atinja temperatura igual a 80 (± 3) °C.
- Dispositivo para aspersão de água sobre o corpo de prova em sua face externa.
- Termopares e registrador das temperaturas superficiais da parede.
- Defletômetro de haste, com resolução de 0,02 mm.
- Dispositivo para fixação do corpo de prova, de forma a deixá-lo simplesmente apoiado

Alguns autores já desenvolveram painéis para realização desse ensaio destacando os trabalhos de Silva (2006), Fontenelle (2012) e Musse et al. (2017; 2020). Silva (2006) projetou um painel com seis lâmpadas de 250W e um ventilador, simulando ações climáticas em revestimento com excessos de aglomerantes. Já Fontenelle (2012), realizou um painel nas dimensões de 1,2 x 2,4m com 98 lâmpadas incandescentes de 150W cada e Musse et al. (2017; 2020) realizou um painel com 24

lâmpadas incandescentes de 100W. Os painéis desses autores serviram como referência para realização desta pesquisa.

Figura 05 – Esquema de montagem e instrumentação do corpo de prova



Fonte: NBR 15575-4 (Anexo E) (2013c).

2.4.3 Execução de paredes e revestimentos

Para a execução de uma parede de forma adequada, é necessário estabelecer uma referência para determinação de um plano de execução em prumo. Em fachadas, uma das técnicas adotadas é a locação de arames e linhas fixados, alinhados e em esquadro com a estrutura convencional da edificação (Leggerini e Aurich, 2015). Salienta-se que, ao longo do preenchimento das fiadas de alvenaria, as linhas devem ser erguidas, acompanhando o processo de assentamento. A Figura 06 demonstra este processo de assentamento de tijolos com o auxílio de linhas.

Figura 06 – Assentamento de tijolos com o auxílio de linhas

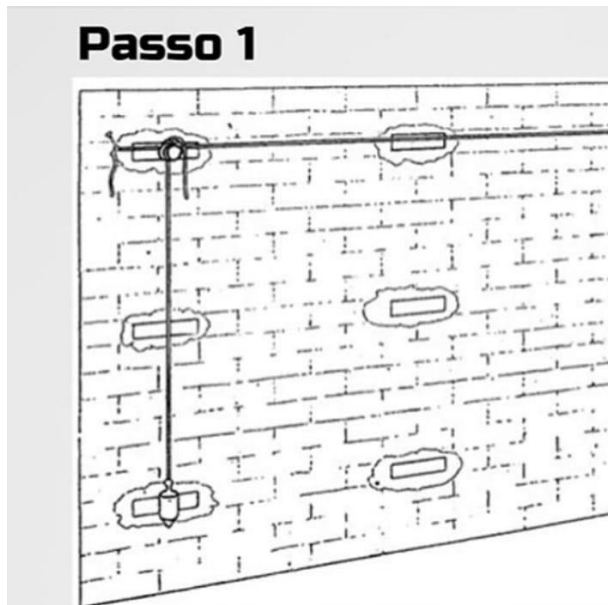


Fonte: Carvalho (2023).

A aderência ao substrato, por sua vez, mencionada no Quadro 06 como uma propriedade do estado fresco e endurecido, faz parte da próxima etapa de execução da parede, antecessora ao revestimento. Para isso, a aplicação de chapisco é uma técnica usualmente utilizada, melhorando o contato do substrato com o meio argamassado de revestimento. A importância de uma base limpa e umedecida para o recebimento do chapisco faz parte de execução com qualidade na finalidade de melhorar ainda mais a aderência (Leggerini e Aurich, 2015).

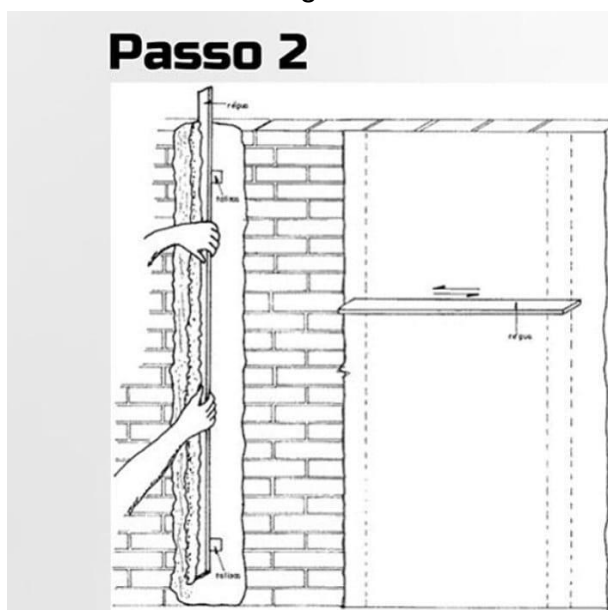
O preparo do revestimento inicia-se com a definição da espessura da camada de argamassa. De forma geral, ao longo da parede são posicionadas taliscas, em prumo, com o tamanho adequado da espessura definida, servindo como referência para a execução de mestras com a argamassa de reboco. A partir da definição das mestras, o material cimentício pode ser aplicado à parede. Com o auxílio de uma régua de alumínio, realiza-se um processo de sarrafeamento da argamassa, etapa necessária para eliminar os excessos e auxiliar na etapa final de desempeno e alisamento (Leggerini e Aurich, 2015). As figuras 07, 08 e 09 demonstram o passo a passo para execução de um revestimento.

Figura 07 – Execução de um revestimento de argamassa – Passo 1 – Posicionamento das taliscas em prumo e espessura definida



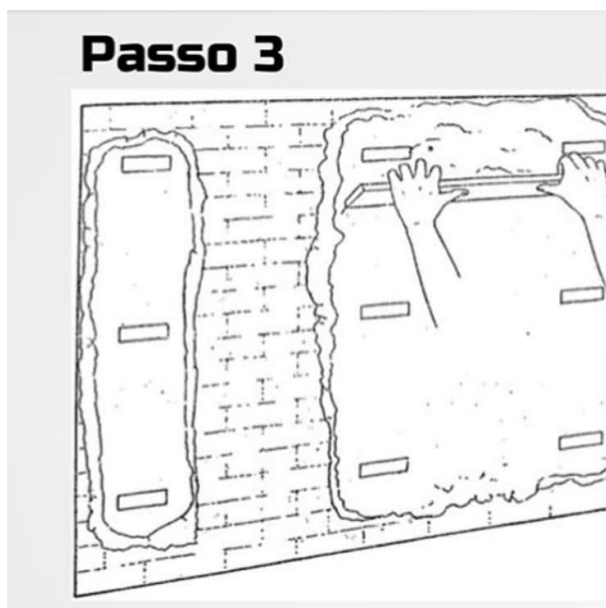
Fonte: Lemes Engenharia (2019)

Figura 08 – Execução de um revestimento de argamassa – Passo 2 – Realização de mestras com a argamassa de revestimento



Fonte: Lemes Engenharia (2019)

Figura 09 – Execução de um revestimento de argamassa – Passo 3 – Sarrafeamento com o uso de uma régua de alumínio e posterior desempeno do revestimento



Fonte: Lemes Engenharia (2019)

A trabalhabilidade, retenção de água e retração na secagem, outras propriedades apontadas no Quadro 06, também estão ligadas à execução do revestimento, uma vez que, são parte do processo de produção da pasta cimentícia e aplicação do reboco. Dessa forma, o uso correto do traço dos materiais é fundamental para a coesão da mistura, possuindo relação direta com a trabalhabilidade e a retenção de água, além de evitar excessos e segregações de insumos. Entende-se que os materiais cimentícios necessitam realizar um processo de secagem e endurecimento progressivo. Dessa forma, molhar a parede é fundamental para evitar uma retração acelerada que, infelizmente, podem gerar fissuras indesejadas (Leggerini e Aurich, 2015).

Em relação ao estado endurecido, é de extrema necessidade realizar faixas e orientações por toda a superfície. Pela boa prática, entende-se que a execução de juntas de dilatações compatíveis com as deformações e panos relativamente próximos é aconselhado. A aplicação de junta nas fachadas entre a mudança de materiais também faz parte do processo de realização do revestimento com qualidade (Leggerini e Aurich, 2015). Além disso, a NBR 7200 (ABNT, 1998), estabelece e orienta o uso de tela nas uniões entre esses diferentes materiais, pois eles possuem deformações diferenciais.

De acordo com a NBR 13749 (ABNT, 2013a), é estabelecido as espessuras das camadas para revestimentos internos e externos que estão indicados pela Quadro 07. Além disso, a norma estipula uma indicação para o uso de telas de reforço para revestimentos sempre que a espessura do revestimento ultrapassar 30 mm. Nesse sentido, ao observar a espessuras para revestimentos de paredes externas do Quadro 07, nota-se que utilização das telas pode ser descartada. No entanto, ao longo da execução das edificações, o processo de desaprumo propicia, de maneira indesejada, o aumento da camada de revestimento para promoção da correção do desaprumo. Logo, o uso das telas para reforço do revestimento torna-se necessário, uma vez que, em espessuras maiores, tem-se o aumento da fissuração na argamassa (Peña, 2004).

Quadro 07 – Espessuras de revestimentos internos e externos de acordo com NBR 13749

Revestimento	Espessura [mm]
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Teto interno e externo	$e \leq 0,20$

Fonte: do autor baseado na NBR 13749 (ABNT, 2013a).

2.5 Telas para reforço de revestimentos

As telas para reforço de revestimento de fachadas se tornaram um excelente meio de evitar fissuras, pois elas absorvem tensões do revestimento, servindo com preventoras e aliadas. Diante da variação térmica, é indubitável compreender que os materiais estão sujeitos a retrações e dilatações e que, com isso, a incidência de fissurações pode ocorrer. Por meio da aplicação de telas de reforço, entende-se que a composição entre os elementos possibilita um melhor desempenho perante as ações climáticas, atrelando reduções na espessura das fissuras e maiores distribuições de tensões pela parede (Musse *et al.*, 2020). De acordo com Antunes (2016), as telas possuem funções que garantem a segurança, a durabilidade e a resistência de uma camada de revestimento. Além disso, elas são ótimas reparar fissuras e distribuir as tensões.

A utilização de telas para realização de uma argamassa armada é necessária para revestimentos que ultrapassam 30 mm de espessura. Destaca-se que, para o funcionamento mais adequado da tela, ela deve ser instalada na metade da camada,

sendo necessário realizar uma camada inicial, posteriormente, posicionar a tela e, por fim, finalizar o revestimento com a espessura completa. (Musse *et al.*, 2020; Silva, 2006). De acordo com Antunes (2016), na prática, a utilização dessa forma de reforço é normalmente utilizada quando a espessura ultrapassa 50mm com a finalidade de aumentar a aderência das camadas e reduzir o risco de descolamento do revestimento.

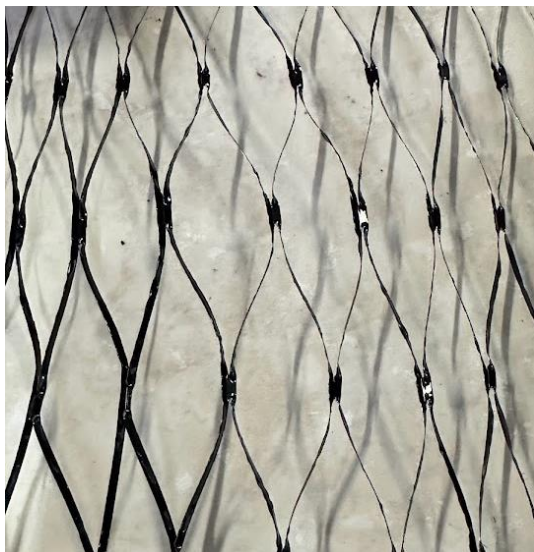
Com ênfase em algumas telas disponíveis no mercado, foram destacas três que possuem características únicas e que serão averiguadas ao longo do estudo. São elas: tela de aço galvanizada (malha 5 x 5 cm) (Figura 10), tela estuque de aço (Figura 11) e tela de fibra de vidro (malha 4 x 4 cm) (Figura 12).

Figura 10 – Tela estuque de aço galvanizada (malha 5 x 5 cm)



Fonte: do autor (2023)

Figura 11 – Tela estuque de aço



Fonte: do autor (2023)

Figura 12 – Tela de fibra de vidro (malha 4 x 4 cm)



Fonte: do autor (2023)

A empregabilidade das telas em revestimentos espessos possui características muito atrativas diante das alternativas disponíveis no mercado, pois elas estão atreladas ao baixo custo de compra, à aplicação fácil e à compatibilidade com a pasta cimentícia (Musse, 2017; Musse *et al.*, 2020).

2.5.1 Tela de aço galvanizada

As telas soldadas de aço galvanizado são telas mais rígidas que possuem malhas e bitolas de diferentes tamanhos. Quando aplicada nas paredes, elas formam uma

argamassa armada que gera uma ponte de transmissão entre o substrato com chapisco e o reboco pronto. De acordo com diversos fabricantes, a aplicação desta tela em revestimentos deve ser feita na metade da espessura e completamente cobertura, evitando corrosões geradas pelos fatores climáticos. Além disso, sua fixação se deve por meio de grampo, chumbadores ou pinos nas bordas (Musse, 2017; Musse *et al.*, 2020).

2.5.2 Tela estuque de aço

As telas de estuque de aço são usualmente utilizadas na construção civil para realização de reforços de revestimentos de argamassa, em pisos, isolamento acústico, câmaras acústicas e frigoríficas. Em revestimentos de argamassa, sua principal contribuição é a contenção da pasta cimentícia, servindo como apoio para a união entre o substrato e a composição. Ademais, o reforço auxilia na prevenção do aparecimento de fissuras e rachaduras, além de ser um material resistente e com alta durabilidade. A sua contribuição resulta, portanto, em uma maior conservação do revestimento e da estrutura da edificação (Antunes, 2016).

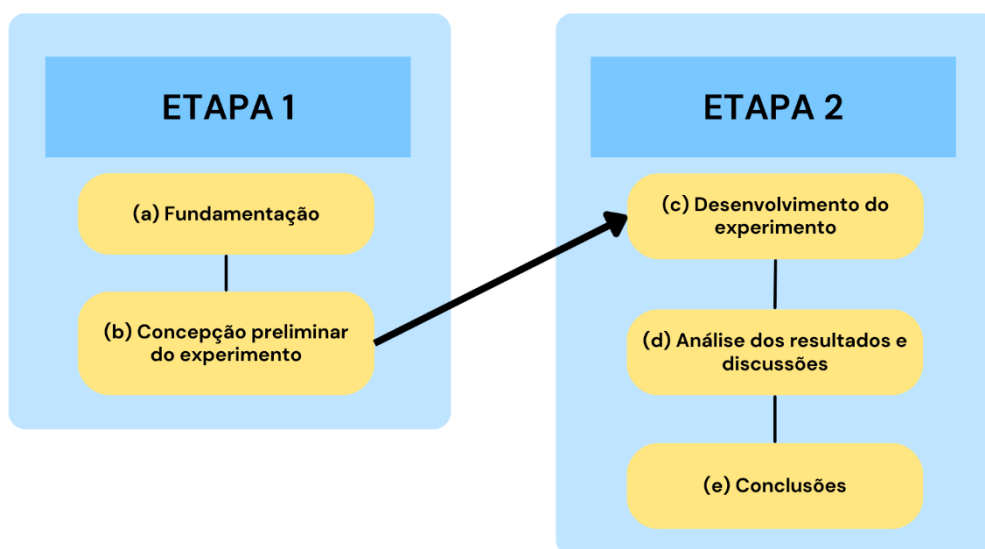
2.5.3 Telas de fibra de vidro

As telas de fibra de vidro são um novo material que surgiu para substituir a aplicação das telas galvanizadas. As principais diferenças dessa tela estão relacionadas ao peso, ao manuseio e à resistência a alcalinidade. Esta, por sua vez, por se tratar de material feito por aglomerantes finos de filamento de vidro, fornece resistência a corrosão, oxidação e empobrecimento. Elas possuem diversas aplicações que variam desde o reforço de contrapisos e pavimentações a reforços de fachadas no encontro da estrutura com as paredes de vedação, bem como revestimentos de argamassa (Rech, 2018).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi dividida em duas etapas: a primeira contemplou as fases de (a) fundamentação e (b) concepção preliminar do experimento. Já na segunda etapa, contemplou-se o (c) desenvolvimento do experimento, a (d) análise dos resultados e discussões e a (e) conclusão. A Figura 13 mostra graficamente a evolução da pesquisa.

Figura 13 – Etapas de pesquisa



Fonte: do autor (2023).

Na primeira etapa, foi desenvolvido a base científica do tema, onde foram abordados os conhecimentos conceituais das fissuras, dos materiais e suas

propriedades, do clima e dos ensaios relacionáveis. Além disso, buscou-se realizar uma concepção inicial de como seria executado o experimento.

3.1 Etapa 1.A: Fundamentação

A pesquisa iniciou com a delimitação do tema, dos objetivos e da questão de pesquisa (vide capítulo 1). Na sequência, o assunto foi revisado por meio da literatura, buscando compreender os fenômenos, causas e formas de tratar a manifestação patológica *fissuras em revestimentos de argamassa*, objeto de estudo desta pesquisa, constituindo a fundamentação teórica (vide capítulo 2). Os principais trabalhos estudados foram: Silva (2006), Musse (2020), Leggerini e Aurich (2015), Carasek (2001) e Antunes (2010, 2016).

3.2 Etapa 1.B: Concepção preliminar do experimento

Com base no referencial teórico, verificou-se que diversos fatores influenciam no comportamento e desempenho das argamassas. Por isso, na concepção inicial desta investigação, buscar-se-ia resposta(s) para a questão de pesquisa, variando os traços de revestimento e os materiais utilizados para reforço.

Na concepção preliminar, portanto, previa-se investigar qual a melhor solução de reforço para revestimentos de argamassa, realizando ensaios com três diferentes *telas de reforço* (aço galvanizado, estuque de aço e fibra de vidro), aplicadas em três diferentes *traços* para a pasta cimentícia. Por uma questão de viabilidade de tempo e espaço para execução dos experimentos, a variável *traço* foi reduzida para dois: um traço usualmente aplicado em obras de construção civil, contemplado em uma pasta cimentícia produzida *in loco*, preparada em betoneira no Laboratório, na proporção 1:1:6 (cimento, cal e areia, em volume); e um outro traço industrializado, proveniente de uma concreteira.

Corpos de prova preliminares foram construídos para avaliar e validar o experimento, porém os traços não se mostraram adequados para os fins desta pesquisa, uma vez que eles não eram propensos a aparição de rachaduras. Por essa razão técnica, optou-se por focar os estudos em uma única variável de pesquisa e, portanto, estabelecer um traço padrão tendo como referência a pesquisa de Musse (2017; 2020) e Silva (2006). Sendo assim, o traço adotado, doravante, usou a

proporção de 1: 4,55: 8,05: 3,10 (cimento, cal, areia e água em volume), ou seja, uma argamassa com elevada incidência de fissuração, apresentada na Quadro 05 (vide seção 2.4.1) com base nos estudos de Musse (2020). Pelo fato de os materiais apresentarem mudanças em suas massas específicas e unitárias, a proporção em massa do traço utilizado foi de 1: 3,66: 13,82: 3,10 (cimento, cal, areia e água). Essa alteração justificou a necessidade da realização do ensaio para determinação das massas para os aglomerantes e agregados, relatado logo a seguir, na seção 3.3.1.

O Quadro 08 apresenta quais são as variáveis (e seus valores) desta pesquisa que foram mantidas com valor constante e destaca a única variável (reforço de tela) que sofre alteração de um ensaio para outro. Por essa razão, para fins de análise dos resultados, os fatores invariáveis foram abstraídos.

Quadro 08 – Variáveis fixadas e alteradas no experimento

Variável	Observação
Ambiente	Igual para todos os estudos LATEC
Parede	Igual para todos os estudos Alvenaria de tijolo furado 6 furos 9x14x19 cm
Mão de obra	Igual para todos os estudos
Traço do revestimento	Igual para todos os estudos Traço 1 : 4,55 : 8,05 : 3,1 (cimento:cal:areia:água em volume)
Espessura	Igual para todos os estudos Espessura de 5 cm
Temperatura	Igual para todos os estudos até 80° e depois resfriadas até 20°
Reforço de tela	Variável de análise dos estudos

Fonte: do autor (2023).

3.3 Etapa 2.C: Desenvolvimento do experimento

A Etapa 2.C da pesquisa, onde os experimentos foram desenvolvidos, contempla duas atividades: (a) a construção dos corpos de prova e (b) os ensaios de exposição à variação térmica.

3.3.1 Construção dos corpos de prova

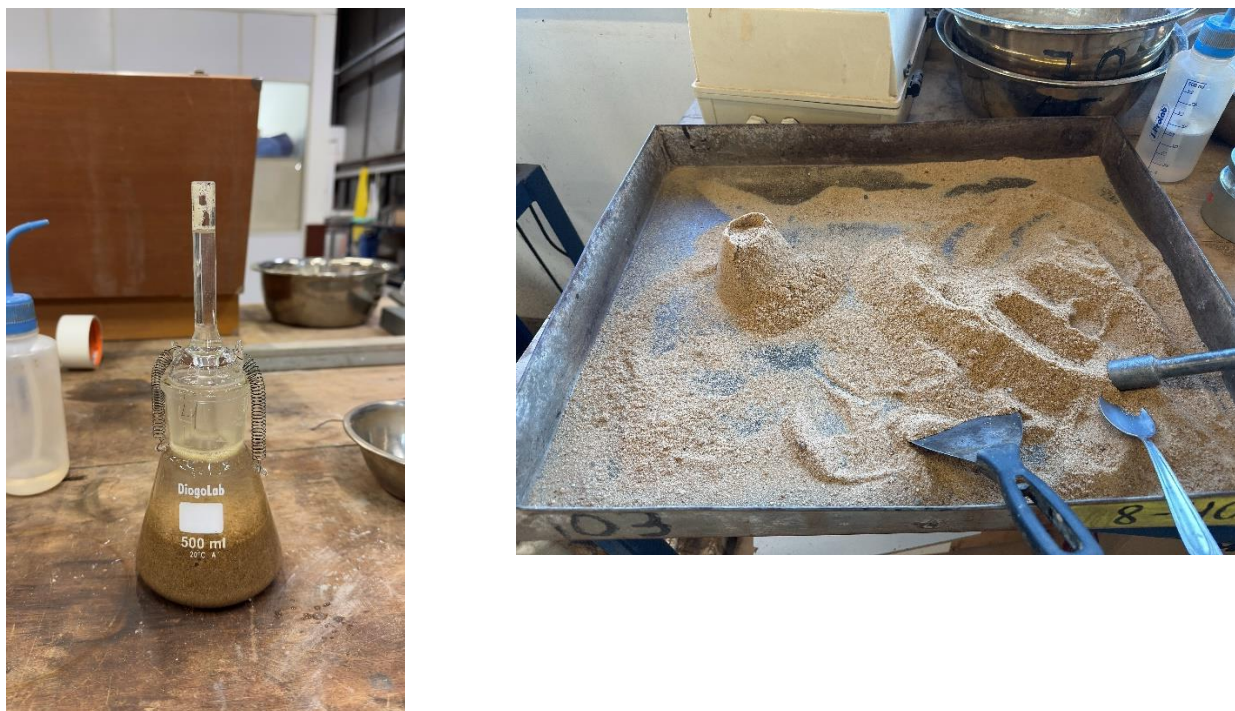
A construção dos corpos de prova foi iniciada a partir da definição de massas específicas e unitárias dos insumos necessários para execução das atividades de assentamento da alvenaria, chapisco e reboco experimental. Conforme citado na seção 2.4 do capítulo de fundamentação, os ensaios de massa específica foram realizados com base na NBR 16605 (ABNT, 2017) e na NBR 16916 (ABNT, 2021), registrados, respectivamente, nas Figuras 14 e 15. Salienta-se que todos os materiais foram disponibilizados pelo Laboratório de Tecnologias de Construção (LATEC) da UNIVATES.

Figura 14 – Determinação de massa específica do cimento e da cal conforme NBR 16605 (ABNT, 2017)



Fonte: do autor (2023).

Figura 15 – Determinação de massa específica da areia conforme NBR 16916 (ABNT, 2021)



Fonte: do autor (2023).

Os resultados encontrados para as massas específicas e unitárias dos materiais estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 02 – Massa específica e unitária dos insumos da argamassa

Descrição do material	Massa Específica [kg/m³]	Massa Unitária [kg/m³]
Cimento CP-IV	2763,60	894,10
Cal Hidratada CH-II	2584,40	719,76
Areia Média	2423,48	1535,25

Fonte: do autor (2023).

As paredes, que constituíram os corpos de prova, foram construídas sobre uma base nivelada por pedras de areia. Além disso, os tijolos utilizados como substrato foram de material cerâmico, com oito furos na dimensão 9 x 11,5 x 19 cm (L x A x C) registrados na Figura 16.

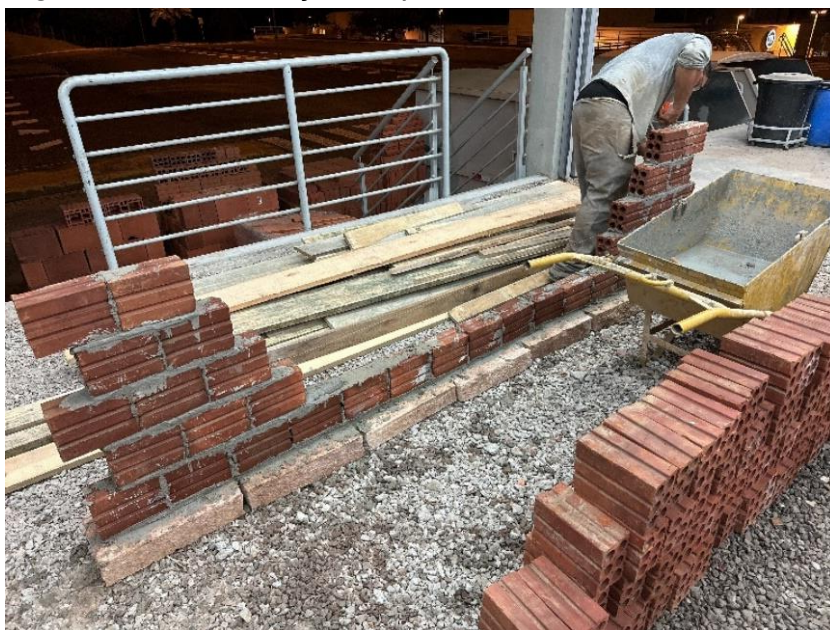
Figura 16 – Base e tijolos da parede para realização dos estudos



Fonte: do autor (2023).

O traço da argamassa de assentamento foi baseado em Leggerini e Aurich (2015), seguindo a indicação apresentada no Quadro 01 (seção 2.4.1) na proporção 1:2:8 (cimento, cal e areia, em volume). Salienta-se que a construção da parede foi feita conforme a indicação de execução mostrada na seção 2.4.3 do referencial teórico e registrada na Figura 17.

Figura 17 – Construção da parede com auxílio de linhas e prumo



Fonte: do autor (2023).

Durante um período de sete dias, a alvenaria ficou em processo de cura. Em seguida, realizou-se o chapisco sobre a superfície dos tijolos com um traço adequado de 1:3 (cimento e areia, em volume) conforme Figura 18. Após três dias, o revestimento de argamassa foi executado.

Figura 18 – Parede para realização dos estudos com chapisco aplicado



Fonte: do autor (2023).

Para realizar os estudos foram estabelecidas, sob a parede, quatro áreas iguais contendo 67 x 76 cm (C x A), delimitadas por sarrafos de madeira. Estas áreas constituem os quatro corpos de prova utilizados nesta pesquisa: uma delas recebeu revestimento com reforço de tela de aço galvanizado de malha 5 x 5 cm, outra recebeu revestimento com reforço de tela de estuque de aço, a terceira foi revestida utilizando reforço de tela de fibra de vidro de malha 4 x 4 cm e, por fim, quarto corpo de prova foi concebido com um revestimento sem reforço.

Para estabelecer uma espessura padrão do revestimento em todos os corpos de prova, utilizou-se dois sarrafos de madeira com espessura de 2,5 cm. Os sarrafos foram fixados verticalmente com pregos e distribuídos ao longo do comprimento da parede. Para inserção das telas de reforço, utilizou-se como auxílio um dos sarrafos, visando posicioná-lo no centro da espessura da argamassa. Posteriormente, após a aplicação da primeira camada do revestimento e inserção das telas, colocou-se o outro sarrafo, completando o reboco argamassado com espessura final (5 cm). A Figura 19 mostra as paredes durante a execução depois da inserção da primeira camada e das telas de reforço.

Figura 19 – Execução do revestimento após a primeira camada de argamassa e aplicação das telas de reforço



Fonte: do autor (2023).

Após finalizado o revestimento, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de exposição à variação térmica, conforme protocolo estabelecido e explicado na seção seguinte. Esses ensaios foram baseados nos estudos de Musse et al. (2017; 2020), por isso o aquecimento ocorreu no dia seguinte à finalização dos revestimentos, com o intuito de reduzir o tempo de cura da argamassa e favorecer a formação de fissuras.

3.3.2 Ensaio de exposição à variação térmica

Um dos objetivos específicos desta pesquisa é “especificar um protocolo para realizar os ensaios de exposição à variação térmica”, ou seja, um padrão a ser seguido nos experimentos, que atenda ao que é estabelecido por norma (NBR 15575-4) para avaliar um revestimento, simulando a exposição dos corpos de prova (revestimentos) às condições naturais de variação de temperatura.

Para isso, foi necessário desenvolver um aparato para aquecer (painel radiante), o que foi feito a partir da construção de dois painéis¹ luminosos com o objetivo de gerar uma temperatura superficial no revestimento, seguindo as recomendações do anexo E da NBR 15575-4 (2013c). Essa atividade teve como referência os trabalhos de Silva (2006), Musse et al. (2017, 2020) e Fontenelle (2012), cada painel foi composto por 9 lâmpadas incandescentes de 250W rosqueadas em soquetes de porcelana resistentes ao calor, os soquetes foram parafusados sobre uma chapa de madeira e interligados por meio de um fio de cobre paralelo de 2,5mm². No entorno da chapa de madeira, inicialmente, foi colocado uma camada com placas de isopores para auxiliar no aquecimento constante do revestimento (evitando a entrada e saída de ar).

A escolha por 9 lâmpadas foi feita para se obter uma melhor uniformização do aquecimento, dispondo-as em 3 colunas contendo 3 luminárias e compatíveis para dar cobertura em toda a área do corpo de provas. A Figura 20 mostra as etapas e o processo de construção dos painéis de aquecimento.

¹ Foram construídos dois painéis com o objetivo de ganhar tempo na realização dos ensaios, assim dois ensaios poderiam ser realizados simultaneamente.

Figura 20 – Processo de construção dos painéis de aquecimento

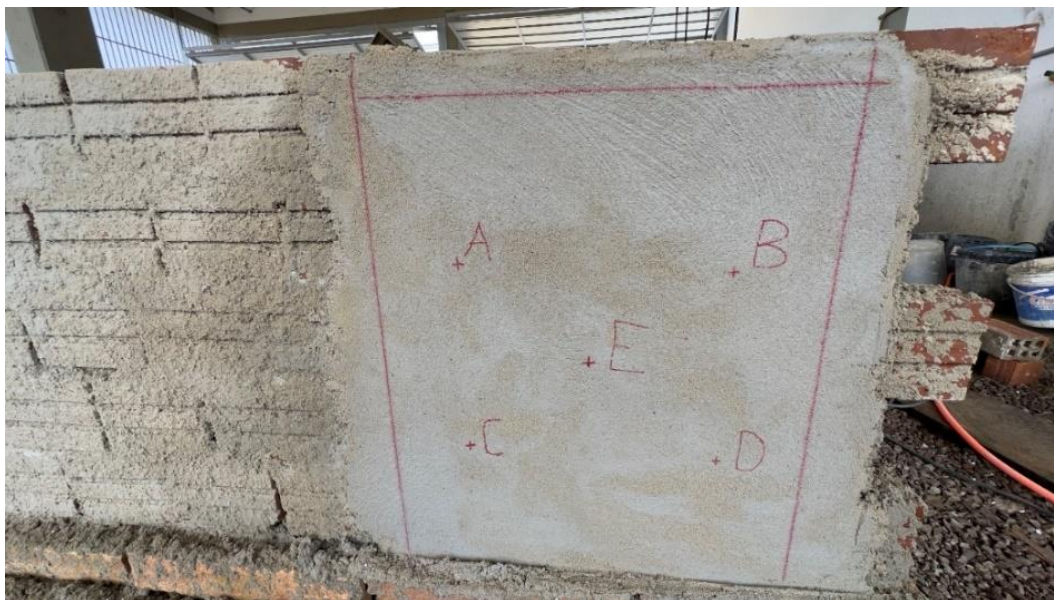


Fonte: do autor (2023).

De acordo com o anexo E da NBR 15575-4 (ABNT, 2013c), o revestimento deve ser aquecido até $80 (\pm 3) ^\circ\text{C}$, depois mantido nessa temperatura por uma hora e então resfriado com aspersão de água até atingir $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$, realizando um ciclo de variação térmica. Diante dessa necessidade, em uma área da parede, realizou-se um revestimento teste para validação do tempo necessário para a superfície da parede atingir $80 (\pm 3) ^\circ\text{C}$, bem como a distância adequada do painel para a superfície não ultrapassar a temperatura máxima estabelecida pela norma durante o processo de aquecimento de uma hora. A Figura 21 mostra o revestimento teste utilizado para

estabelecer o *protocolo de exposição térmica*, onde estão marcados os cinco pontos de medição de temperatura.

Figura 21 – Revestimento teste usado para estabelecer o protocolo de exposição térmica



Fonte: do autor (2023).

A temperatura foi medida a partir de um termômetro digital superficial de mira a laser disponível no LATEC conforme Figura 22. Primeiramente, o painel foi posicionado a uma distância de 7 cm da parede. Por meio das medições de temperatura do termômetro, observou-se que o tempo necessário para atingir, superficialmente, $80 (\pm 3)^\circ\text{C}$ foi muito rápido, demorando apenas dez minutos. Além disso, pelo fato de as luminárias estarem muito próximas à parede, no decorrer do aquecimento de uma hora, o revestimento ultrapassou 120°C , concluindo que seria necessário distanciar o painel.

Figura 22 - Termômetro de mira a laser



Fonte: do autor (2023).

Diante dessa necessidade, a distância do painel ao revestimento teste precisou ser ampliada até 20cm, a fim de manter a temperaturadora uniforme. As Figuras 23 e 24 mostram como foi realizado o processo de aquecimento da parede de testes para definição do *protocolo de exposição térmica*.

Figura 23 – Aquecimento do revestimento teste



Fonte: do autor (2023).

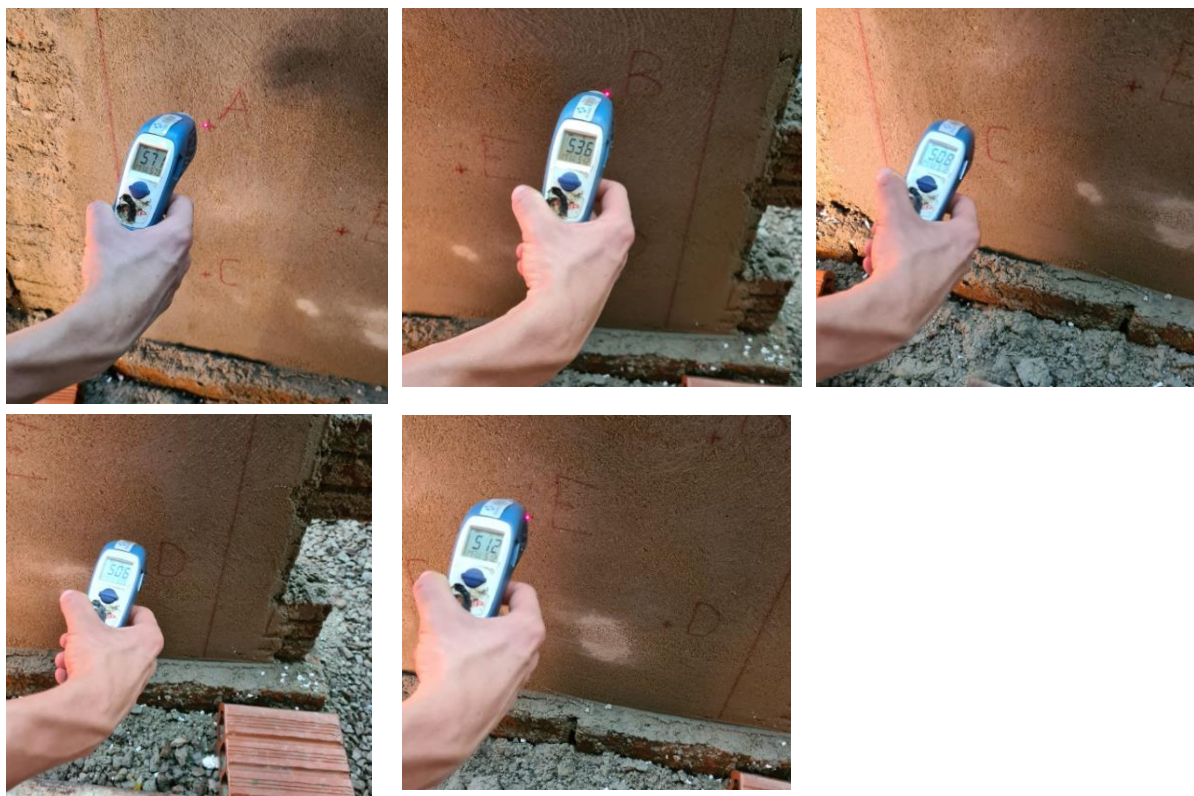
Figura 24 – Resfriamento do revestimento teste



Fonte: do autor (2023).

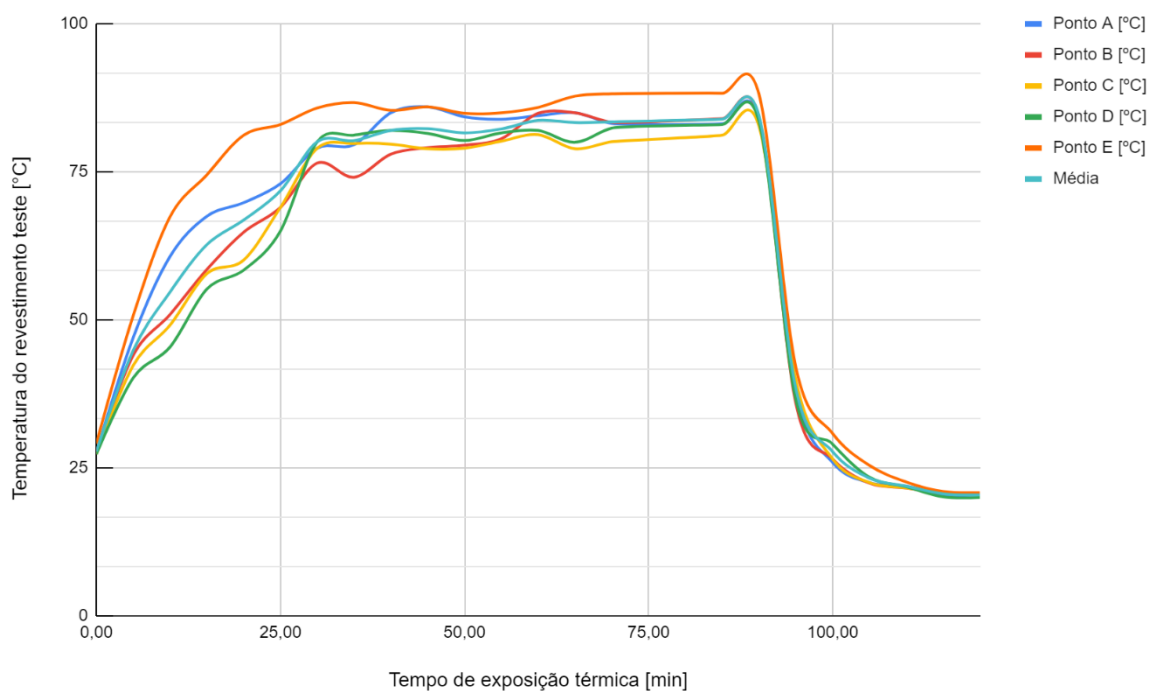
As medições de temperatura no revestimento teste, tendo o painel sido distanciado 20 cm, foram registradas de 5 em 5 minutos, tanto para o aquecimento, quanto para o resfriamento, em cada ponto (A, B, C, D e E) destacados na Figura 21. Na Figura 25 é possível observar uma das medições marcadas durante o aquecimento do revestimento teste. Verificou-se, portanto, que a parede levou 30 minutos para atingir a temperatura superficial de $80 (\pm 3) ^\circ\text{C}$ e, ao longo de uma hora de aquecimento, estabelecidos pela norma, o revestimento se manteve na temperatura recomendada, mostrando que o painel estava na distância correta. Para realização do resfriamento, utilizou-se água em temperatura natural aspergida por meio de uma mangueira de jardim conforme a figura destacada acima. Durante esse processo, constatou-se que o revestimento demorou 30 minutos para atingir a temperatura de $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$. Logo, concluiu-se que para realização dos estudos, seria necessário aquecer cada um dos corpos de prova por 1 hora e 30 minutos e depois resfriar por 30 minutos, estabelecendo um ciclo total de duas horas de duração. Esse foi, portanto, o *protocolo de exposição térmica* utilizado em todos os ensaios. As medições registradas geraram o gráfico da Figura 26, relacionando a temperatura, aferida para cada ponto no revestimento teste, ao tempo de exposição à variação térmica.

Figura 25 – Medição da temperatura superficial durante a determinação do protocolo de exposição térmica



Fonte: do autor (2023).

Figura 26 – Medições de temperatura do revestimento teste para estabelecimento do protocolo de exposição à variação térmica



Fonte: do autor (2023).

Dessa maneira, os painéis foram posicionados em frente aos corpos de prova de forma a possibilitar dois aquecimentos simultâneos, conforme mostrado na Figura 27. O anexo E da NBR 15575-4 (ABNT, 2013c) estabelece que uma parede revestida, com o intuito de avaliar o seu desempenho, deve ser submetida a dez ciclos de aquecimento e resfriamento. No entanto, pelo fato de que a argamassa utilizada possuir elevado teor de cal, optou-se em realizar somente três ciclos de exposição térmica sob cada corpo de prova. Musse et al. (2017, 2020), em sua pesquisa, também reduziram o número de ciclos de aquecimento pela mesma razão.

Figura 27 – Aquecimento dos corpos de prova com os painéis



Fonte: do autor (2023).

3.4 Etapa 2.D: Análise dos resultados e discussões

Nesta etapa da pesquisa, os estudos foram verificados e sofreram um processo de análise que se preocupou em observar a espessura das fissuras e as incidências de fissuração, realizados por meio da medição dos comprimentos em detrimento da área de cada estudo. A análise ocorreu de forma periódica e todas as fissuras foram mapeadas. Os dados, comparações e discussões estão registradas no capítulo quatro.

3.5 Etapa 2.E: Conclusões

A conclusão encontra-se no capítulo cinco e foi baseada nos resultados obtidos a partir das análises realizadas no capítulo quatro, visando a obtenção de uma resposta para a questão de pesquisa.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

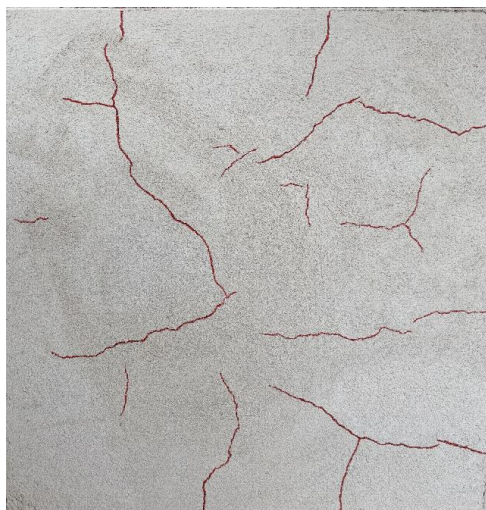
O objetivo desta pesquisa é “avaliar qual tela de reforço oferece melhor resposta para prevenção de fissuras, quanto ao volume de incidência e outras características relevantes, em revestimentos de argamassa de fachadas, visando a minimizar essa patologia”. Além da incidência, uma das características que diferenciaram as fissuras de um corpo de prova para outro foi a abertura. Neste capítulo, portanto, serão apresentados os resultados obtidos a partir da análise envolvendo a abertura das fissuras e incidência de fissuração nos estudos realizados nos quatro corpos de prova.

Em um primeiro momento, a análise foi realizada de forma visual e qualitativa, observando e identificando as fissuras que se formaram em cada um dos corpos de provas estudados. Através dessa inspeção, foi possível verificar que houve fissuração em todos os revestimentos (nos quatro corpos de prova).

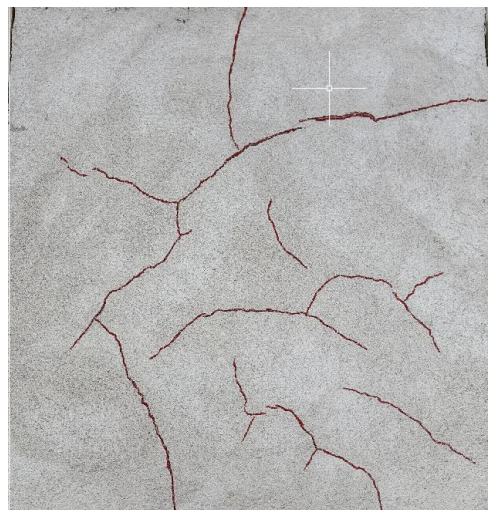
Tal constatação era esperada em virtude de que a argamassa possuía, em sua composição, um elevado teor de finos e cal em excesso, que prejudicaram o desempenho do revestimento (Silva, 2006). Ademais, o ensaio de exposição à variação térmica favoreceu ainda mais a aparição de fissuras uma vez que foi aplicado durante o período de cura da argamassa, favorecendo a perda de água por evaporação (Leggerini e Aurich, 2015; Musse *et al.*, 2020).

Na Figura 28, onde as fissuras estão mapeadas, é possível observar todos os corpos de prova com suas fissuras que, pela literatura, são consideradas como fissuras não orientadas. Essa característica faz parte de um tipo de fissuração gerada pela retração na secagem (Musse, 2017; Musse *et al.*, 2020; Peña, 2004).

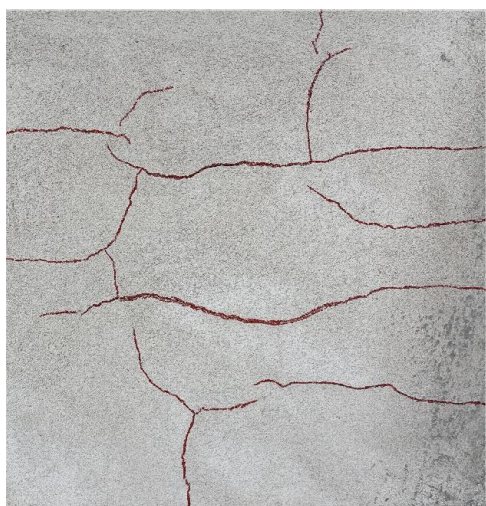
Figura 28 – Mapeamento das fissuras nos corpos de prova



(a) Corpo de prova com tela de aço galvanizado 5 x 5 cm



(b) Corpo de prova com tela estuque de aço



(c) Corpo de prova com tela de fibra de vidro 4 x 4 cm



(d) Corpo de prova sem reforço de tela

Fonte: do autor (2023).

Para identificar a espessura das aberturas nos revestimentos na idade de 28 dias, utilizou-se um fissurômetro para auxiliar no processo de medição. Ele foi posicionado sob as manifestações patológicas conforme mostram as figuras 29, 30, 31 e 32.

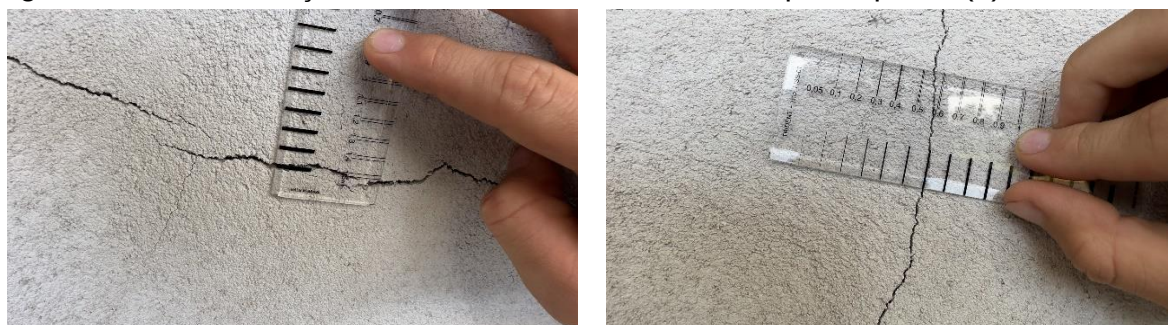
Figura 29 – Identificação da abertura de fissuras do corpo de prova (a)



Corpo de prova com tela de aço galvanizado 5x5cm

Fonte: do autor (2023).

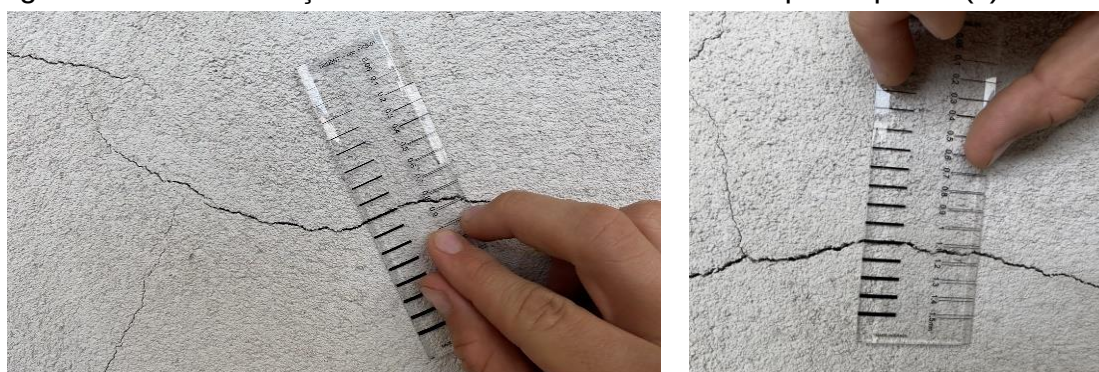
Figura 30 – Identificação da abertura de fissuras do corpo de prova (b)



Corpo de prova com tela de estudo de aço

Fonte: do autor (2023).

Figura 31 – Identificação de abertura de fissuras do corpo de prova (c)



Corpo de prova com tela de fibra de vidro 4x4cm

Fonte: do autor (2023).

Figura 32 – Identificação de abertura de fissuras do corpo de prova (d)



Corpo de prova sem tela de reforço

Fonte: do autor (2023).

Por meio das medições com fissurômetro, identificou-se que o revestimento do corpo de prova (a) apresentou abertura de fissuras entre 0,3 a 0,5 mm; já o corpo de prova (b) mostrou ter fissuras entre 0,5 a 1,5 mm e o revestimento do corpo de prova (c), fissuras entre 0,5 a 1,1 mm. Por fim, o revestimento do corpo de prova (d) expôs fissuras entre 0,5 a 0,6 mm. Por meio da Tabela 03, é possível visualizar o tamanho dessas aberturas para cada corpo de prova.

Tabela 03 – Análise de abertura de fissuras dos revestimentos

Estudos	Abertura das fissuras
Corpo de prova (a) – Tela de aço galvanizada 5x5cm	0,3 a 0,5mm
Corpo de prova (b) – Tela estuque de aço	0,5 a 1,5mm
Corpo de prova (c) – Tela de fibra de vidro 4x4cm	0,5 a 1,1mm
Corpo de prova (d) – Sem reforço de tela	0,5 a 0,6mm

Fonte: do autor (2023).

Considerando as imagens da Figura 28, foram calculadas² as áreas dos corpos de prova e os comprimentos das fissuras por metro quadrado, permitindo calcular os índices de fissuração e classificar os corpos de prova quanto à intensidade de fissuração. Esse índice e intensidade de fissuração foi baseado no trabalho de Silva (2006), que definiu três níveis de intensidade: baixa, para valores iguais ou menores que 0,3 m/m²; média, para medidas entre 0,3 a 0,9 m/m² e alta para índices com valores iguais ou maiores que 0,9 m/m², conforme mostra o Quadro 03 (vide

² O software AutoCad foi utilizado para realizar os cálculos.

seção 2.4.1). Diante disso, a Tabela 04 mostra os índices de fissuração dos corpos de prova dos quatro estudos, destacando sua intensidade.

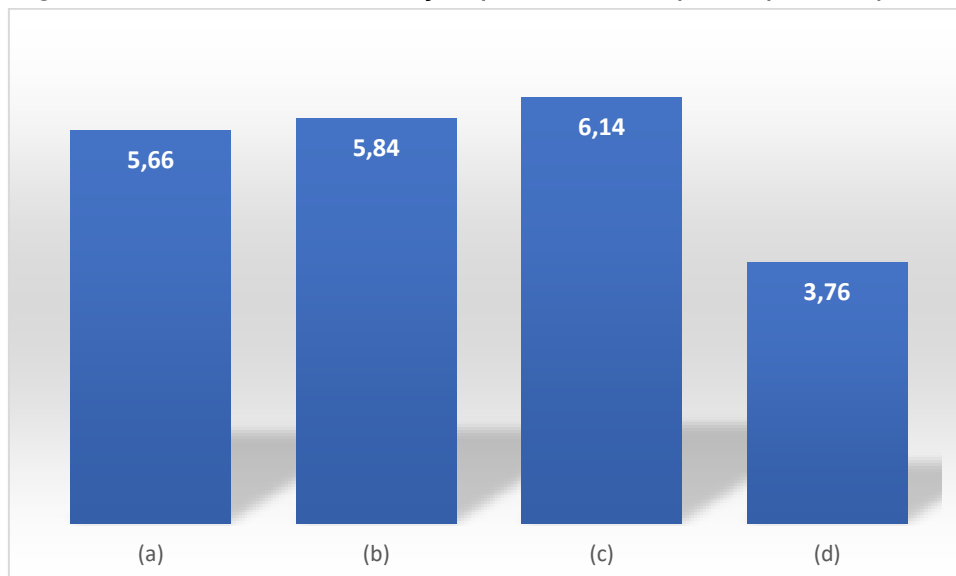
O corpo de prova que mais apresentou fissuras foi o que teve reforço realizado com a tela de fibra de vidro (c), seguido do revestimento com reforço da tela de aço estuque (b), depois com o reforço de tela de aço galvanizado (a) e, por fim, o corpo de prova (d), sem reforço. Todavia, para esse, há ressalvas a serem consideradas na análise, que serão comentadas logo mais. A Figura 33 mostra os resultados de incidência de fissuração da análise 1.

Tabela 04 – Índice de fissuração dos corpos de prova (análise 1)

Descrição	Área [m ²]	Comprimento [m]	Índice de fissuração [m/m ²]	Intensidade
Corpo de prova (a) – Tela de aço galvanizado 5x5cm	0,5472	3,1002	5,6656	Alta
Corpo de prova (b) – Tela estuque de aço	0,5472	3,1988	5,8458	Alta
Corpo de prova (c) – Tela de fibra de vidro 4x4cm	0,5472	3,3610	6,1422	Alta
Corpo de prova (d) – Sem reforço de tela	0,5472	2,0595	3,7637	Alta

Fonte: do autor (2023).

Figura 33 – Índice de fissuração para cada corpo de provas (análise 1)



Fonte: do autor (2023).

Observa-se, portanto, que houve um acréscimo na incidência de fissuras em relação ao corpo de prova sem reforço de 50,53% para o revestimento com a tela de aço galvanizado (a), de 55,32% para o revestimento com a tela de aço estuque (b) e de 63,19% para o revestimento com a tela de fibra de vidro (c).

Sob uma ótica envolvendo somente os corpos de prova que possuíam telas, observou-se que, o primeiro, com a tela de aço galvanizado (a) obteve resultados ligeiramente superiores. O corpo de prova com estuque de aço (b), manifestou 3,18% mais fissuras do que o primeiro. Já o terceiro corpo de prova, com tela de fibra de vidro (c), apresentou 8,41% mais fissuras em relação àquele com tela de aço galvanizado (a). Além disso, como pode ser observado no Tabela 03, a tela de aço galvanizado atuou de forma positiva no revestimento, reduzindo as aberturas de fissuras.

Ao longo do período de observação de 28 dias, as fissuras não apontaram variação em espessura nem em comprimento, constatando-se que estas foram consideradas fissuras passivas (Sahade, Machado e Cavani, 2013). Considerando o baixo índice de fissuração do corpo de provas sem reforço, sob uma análise preliminar, poder-se-ia concluir que não houve benefícios na utilização das telas. No entanto, é necessário observar outro fator que influenciou diretamente no comportamento do corpo de provas sem reforço (d): o descolamento. Embora o revestimento sem reforço tenha apresentado um índice de fissuração menor, ao longo do processo de cura, o corpo de provas sem reforço (d) sofreu, na região superior, um processo de descolamento, considerado, inclusive, uma patologia mais relevante e problemática (Antunes, 2010). Além disso, na região de descolamento, o revestimento apresentou inúmeras microfissuras internas que foram visíveis a partir da borrifação de água sobre o revestimento. Na Figura 30, é possível verificar a diferença de descolamento do corpo de prova sem reforço (d) em relação aos demais corpos de prova.

Figura 34 – Análise visual de descolamento

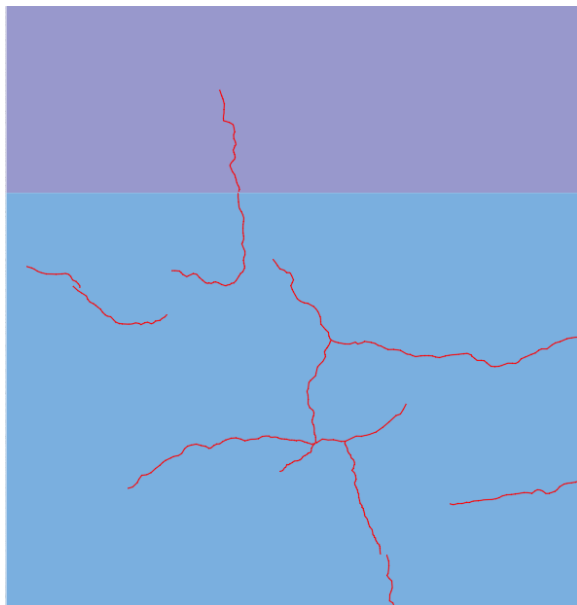


Fonte: do autor (2023).

Portanto, nota-se que o descolamento propiciou ao revestimento trabalhar de forma separada à parede, fissurando somente na região inferior (conforme Figura 28), onde ele estava aderente. No entanto, é indubitável analisar que essa patologia prejudicou ainda mais a funcionalidade do revestimento e que, com o passar dos anos, o risco de queda de um pedaço desse material poderia ser iminente.

Todavia isso permite realizar uma análise complementar, levando em consideração esse deslocamento. Por meio de análise sensorial (sonora), foi possível estimar que cerca de 30% da área desse estudo (d) estava descolada, então, para os fins desta pesquisa, pôde-se considerar que a área de estudo reduziu para 0,3762 m² (somente a região aderida no substrato), perfazendo um índice de fissuração de 5,0836 m/m² conforme mostrados no quadro abaixo. A Figura 35 mostra o mapeamento do revestimento considerando a região deslocada (pintada de roxo), região desprezada para obtenção dos dados que estão presentes na Tabela 05. A Figura 36 mostra os resultados de incidência de fissuração da análise 2.

Figura 35 – Mapeamento das fissuras do revestimento (d) considerando o deslocamento



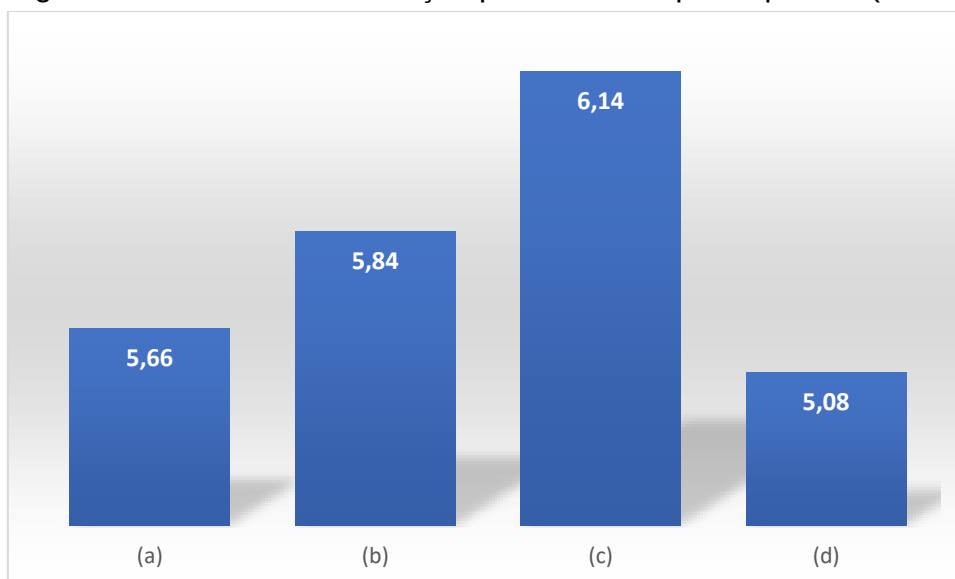
Fonte: do autor (2023).

Tabela 05 – Índice de fissuração dos estudos sob análise complementar

Descrição	Área [m²]	Comprimento [m]	Índice de fissuração [m/m²]	Intensidade
Corpo de prova (a) – Tela de aço galvanizado 5x5cm	0,5472	3,1002	5,6656	Alta
Corpo de prova (b) – Tela estuque de aço	0,5472	3,1988	5,8458	Alta
Corpo de prova (c) – Tela de fibra de vidro 4x4cm	0,5472	3,3610	6,1422	Alta
Corpo de prova (d) – Sem reforço de tela	0,3762	1,9124	5,0836	Alta

Fonte: do autor (2023).

Figura 36 – Índice de fissuração para cada corpo de provas (análise 2)



Fonte: do autor (2023).

A análise, portanto, permite avaliar que, considerando apenas essa área onde o revestimento foi aderente, o acréscimo de fissuração dos corpos de prova com telas em relação ao corpo de provas sem tela foi menor. Nesse contexto, o corpo de provas com tela de aço galvanizado apresentou um acréscimo apenas 1,46%, o acréscimo foi de 4,68% para o revestimento do corpo de provas com tela de aço estuque (b) e de 9,99% para o revestimento do corpo de provas com reforço de fibra de vidro (c).

A partir dos estudos realizados, ficou evidente que a função do reforço nos revestimentos com 5 cm foi importante. Destacam-se três motivos:

- Contribuir para a redução do risco de descolamento da argamassa, uma vez que nenhum revestimento reforçado apresentou deslocamento;
- Apesar de apresentar um índice de fissuração maior do que um revestimento sem reforço, a aplicação de reforços de tela em revestimentos de argamassa, promoveu maior distribuição das tensões;
- Em comparação com a tela de estuque de aço e a de fibra de vidro, o uso de reforço com a tela de aço galvanizado, apresentou melhor resposta para redução na incidência de fissuras e na abertura delas.

A distribuição das tensões nos corpos de prova foi mais eficiente no revestimento reforçado com a tela de aço galvanizado (a), pois o controle de

fissuração é resultante do comportamento envolvendo o módulo de elasticidade das telas (Musse, 2017; Musse *et al.*, 2020). Isso garantiu que a tela mais rígida (aço galvanizado) apresentasse um resultado mais satisfatório comparado às telas com deformações maiores, que não foram tão eficazes no reforço da argamassa. Além disso, segundo Speck (2014), a redução nas aberturas das fissuras é resultado de uma menor dilatação térmica linear que o aço possui, o que garante a redução das movimentações térmicas geradas pela variação da temperatura.

Os resultados apontam relações semelhantes às encontradas nas pesquisas de Musse (2017) e Musse *et al.* (2020), ou seja, indicando a necessidade de uso de telas para revestimentos com espessuras maiores e proporcionando, ligeiramente, um benefício maior na utilização de telas de aço galvanizado. Desta forma, a questão de pesquisa “Qual tela de reforço apresenta resultados melhores na redução da formação de fissuras em revestimentos de argamassa?”, considerando os estudos realizados com telas de aço galvanizado, aço estuque e de fibra de vidro, elegem a tela de aço galvanizado como a melhor alternativa, pois foi a que apresentou uma resposta melhor quanto aos índices de fissuração e abertura das fissuras.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fissuras em fachadas constituem um dos principais problemas enfrentados na construção civil, causando danos estéticos e estruturais. Minimizar tal ocorrência aumenta a vida útil da obra e reduz custos com manutenção, beneficiando tanto o proprietário como a construtora.

Este trabalho apresentou uma proposta de estudo de desempenho a partir da análise de espessura e de índice de fissuração em revestimentos de argamassa com diferentes telas de reforço depois de um ensaio de exposição à variação térmica baseado no anexo E da NBR 15575-4. Por meio das análises realizadas, foi possível tecer algumas contribuições.

A utilização de uma argamassa com excesso de cal contribuiu para o aparecimento de fissuras no revestimento, fato ocorrido devido ao alto teor de finos que a matriz cimentícia possuía. Além disso, a utilização de um revestimento com espessura de 5 cm ampliou a capacidade de deformação e dilatação do revestimento.

Em relação ao índice de fissuração dos estudos, a partir da análise 1, observou-se que o revestimento sem reforço obteve o menor valor, no entanto, sofreu um descolamento que propiciou uma deformação segregada ao substrato, sofrendo apenas microfissuras internas. Todavia, salienta-se que a ocorrência de tal patologia, segundo Antunes (2010), é considerada um problema ainda mais complicado e que exige um reparo imediato.

A partir da análise dos resultados, ficou evidente que o revestimento reforçado com a tela de aço galvanizado apresentou melhor resposta à questão de pesquisa,

porque este corpo de prova mostrou melhores resultados, em relação aos demais. Esta pesquisa chegou a conclusões semelhantes aos estudos de Musse (2020), corroborando para confirmar os resultados.

Em estudos futuros, o comportamento mecânico da aplicação da técnica de reforço com telas em revestimentos de argamassa por ser aprofundado, principalmente considerando as variações de temperatura e durabilidade.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR 5674: manutenção de edificações – requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.

_____. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013b.

_____. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013c.

_____. **NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 16916: Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água**. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília – sistematização da incidência de casos**. Distrito Federal. Universidade de Brasília, 2010.

ANTUNES, G. R. **Contribuição para avaliação de desempenho de revestimentos de argamassa reforçados com telas metálicas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

ARAÚJO JÚNIOR, J. M. DE. **Contribuição ao estudo das propriedades físico-mecânicas das argamassas de revestimento**, 2004.

BAUER, R. J. F. **Falhas em revestimentos** **Materiais de Construção** Rio de Janeiro, 2010.

CALLISTER, W. **Materials science and engineering: an introduction**. Nova Iorque,

2000.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M. Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa. **IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas**, p. 282, maio 2001.

CARVALHO, M. **Argamassa de assentamento - Traço, tipos e consumo**. Casa e Obra. 2023.

CBIC, C. B. DA I. DA C. **Desempenho de edificações habitacionais: Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. 2ª ed. ed. Brasília: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CINCOTTO, M. A.; HELENA, P. H.; MARQUES, J. C. **Propriedades das Argamassas cimento:cal:areia**São Paulo. IBRACON, jul. 1985.

CREMONINI, R. A. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre : recomendações para projeto, execução e manutenção**. Disponível em:
<<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1420/000124337.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 9 abr. 2023.

ESTULANO, G. ARANTES. **O Comportamento Térmico De Diferentes Materiais Utilizados Nos Painéis De Fechamento Vertical Nas Edificações Da Cidade De Cuiabá/Mt - Avaliação Pós-Ocupação**. Mato Grosso: Universidade Federal do Mato Grosso, 2004.

FIOROTTI, R. **Caraterização dos agregados - Determinação da massa específica e unitária**.

FONTENELLE, H. **Sistema de fixação e juntas em vedações verticais constituídas por placas cimentícias: estado da arte, desenvolvimento de um sistema e avaliação experimental**.São PauloEscola Politécnica da Universidade de São Paulo, , 2012.

FU, Y. F.; WONG, Y. L.; POON, C. S.; TANG, C. A.; LUO, P. L.; SUN, W.; CHAN, S. Y. N. Experimental study of micro/macro crack development and stress–strain relations of cement-based composite materials at elevated temperatures. **Cement and Concrete research**, v. 34, n. 5, p. 789–797, 2004.

LANDAU, E. C.; TAVARES, R. B. T.; HIRSCH, A.; BARROS, C. A. **Tendências de variação da amplitude térmica no brasil em função das mudanças climáticasIII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA**CanelaSociedade Brasileira de Meteorologia, 2009.

LEGGERINI, M. R. C.; AURICH, M. **Capítulo IV - Argamassa de revestimento**. Porto Alegre: PUCRS - Faculdade de Arquitetura, 2015.

LEMES ENGENHARIA PROJETOS. **Talisca e Mestra**. Aparecida: Texto digital, 2019.

LOPES, J. DA S. G.; ALEIXO, N. C. R.; NETO, J. C. A. DA S. **Amplitude térmica e magnitude das ilhas de calor em Tefé -AM, Brasil**, 2019.

MASUERO, A. B.; LONGHI, M. A. **Análise do desempenho de revestimentos de argamassa industrializada submetido a envelhecimento acelerado**FortalezaX Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2013.

MICHAELIS. **Dicionário Michaelis.** Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/patologia>>. Acesso em: 11 abr. 2023.

MUSSE, D. S. **Desempenho de revestimento de argamassa reforçadas com telas: estudo de fissuração e comportamento mecânico.** [s.l.] Universidade Federal da Bahia, 2017.

MUSSE, D. S.; COELHO, V. A.; GONÇALVES, J. P.; SILVA, F. G. S. **Desempenho do revestimento de argamassas reforçadas com telas: estudo de fissuração e do comportamento mecânico.** 2020

NAZARIO, D.; ZANCAN, C. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal de criciúma: inspeção dos setes postos de saúde** Criciúma, jan. 2011. Disponível em: <[http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/151/1/Daniel Nazario.pdf](http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/151/1/Daniel%20Nazario.pdf)>. Acesso em: 9 abr. 2023

NENEVÊ, B. L. **Proposta de ensaio para verificação do comportamento de argamassas de revestimento vertical externo expostas à ação de calor e choque térmico.** Curitiba, 2020.

NIH UNIVATES. **Histórico de Dados Meteorológicos.** Disponível em: <<https://www.univates.br/nih/historico-de-dados>>. Acesso em: 10 maio. 2023.

OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

PEÑA, M. R. G. **Estudo da Fissuração Associada à Retração em Argamassas para Reparo em Estruturas de Concreto.** São Paulo: 2004

PEREZ, A. R. **Manutenção de Edifícios. Tecnologia de Edificações.** 1985

RECH, G. C. **Avaliação do desempenho do revestimento de argamassa reforçado com telas não metálicas.** [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

SAHADE, R. F. **Avaliação de Sistemas de Recuperação de Fissuras em Alvenaria de Vedação.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2005.

SAHADE, R. F.; MACHADO, L. V.; CAVANI, G. DE R. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em revestimentos de vedação** Fortaleza: X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2013

SILVA, A. Y. O.; GODOY, G. H. A. M. **Fissuras no concreto armado : causas , consequências , formas de mitigação e reparos .** Pontifícia Universidade Católica de Goiás. **Anais.** 2022 Disponível em: <[https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/5132/1/Fissuras no concreto armado causas%2C consequências%2C formas de mitigação e reparos.pdf](https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/5132/1/Fissuras%20no%20concreto%20armado%20causas%2C%20consequencias%2C%20formas%20de%20mitigacao%20e%20reparos.pdf)>. Acesso em: 10 maio. 2023

SILVA, F. G. S. **Proposta de metodologias experimentais auxiliares à especificação e controle das propriedades físico-mecânicas dos revestimentos em argamassa.** Brasília, out. 2006.

SILVA, N. G.; CAMPITELI, V. C. **Módulo de elasticidade dinâmico de argamassa**

de revestimento. 2º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, p. 1–9, 2008.

SORIANO, B. M. A. **Caracterização Climática de Corumbá - MS.** Corumbá: EMBRAPA-CPAP, 1997.

SOUZA, V. C. DE; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto.** São Paulo: Editora Pini Ltda, 1998.

SPECK, J. A. **Análise do desempenho de placas cimentícias através da adição de fibras e telas, visando a redução de deformações térmicas e patológicas.** Porto Alegre: Escola de Engenharia, 2014.

THOMAZ, E. **Trincas em Edificações.** São Paulo. IPT/EPUSP/PINI, 2006.

WEIMER, B. F.; THOMAS, M.; DRESCH, F. **Patologia das estruturas.** Porto Alegre: SAGAH EDUCAÇÃO S.A, 2018.

ZUCHETTI, P. A. B. **Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari/RS.** Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES), 2015.



UNIVATES

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09