

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

GUSTAVO COPPI RECH

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO REVESTIMENTO DE
ARGAMASSA REFORÇADO COM TELAS NÃO METÁLICAS**

Avaliador:
Defesa: dia __/__/2018 às _____ horas
Local: UFRGS / Engenharia Nova Oswaldo Aranha, 99, sala 304

GUSTAVO COPPI RECH

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO REVESTIMENTO DE
ARGAMASSA REFORÇADO COM TELAS NÃO METÁLICAS**

Trabalho de Diplomação apresentado a Comissão de Graduação
(COMGRAD) de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Civil

Orientadora: Angela Borges Masuero
Coorientadora: Natália dos Santos Petry

GUSTAVO COPPI RECH

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO REVESTIMENTO DE
ARGAMASSA REFORÇADO COM TELAS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação (COMGRAD) de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2018

Profa. Angela Borges Masuero
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Profa. Natália Petry
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Coorientadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Angela Borges Masuero (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Natália Petry (UFRGS)
MSc. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Profa. Laís Zucchetti (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Profa. Giselle Reis Antunes (FTI)
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Ronaldo e Inês, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por permitir a conclusão deste desafio, recebendo forças para superar cada dificuldade encontrada ao longo da vida acadêmica e da elaboração do presente trabalho.

A professora Angela Borges Masuero, que me orientou e deu apoio durante esse trabalho de conclusão, dedicando parte do seu tempo e me conduzindo com seus conhecimentos e experiências, sempre com paciência e carinho durante as reuniões.

A doutoranda Natalia Petry, que também me orientou e ajudou em toda a realização do trabalho, sempre com muita disposição, simpatia e esforço para que a pesquisa se tornasse possível.

Aos funcionários do LAMTAC/NORIE, Ari Furquim e Airton Freitas, que ajudaram durante a pesquisa de laboratório, na confecção e ruptura dos corpos de prova, sempre com boa vontade e dedicação.

Aos bolsistas de iniciação científica do NORIE, que auxiliaram com empenho a realização prática do trabalho.

Aos amigos e colegas, em especial ao Guilherme Oliveira, que ajudaram ouvindo, discutindo sobre o trabalho e dando ideias na realização do mesmo, além de auxílio físico durante a realização.

As empresas Fida, Fibertex e Siscobras, pela doação de argamassas e telas utilizadas no presente trabalho, e pelo excelente tratamento recebido durante a comunicação.

Aos meus pais, Ronaldo e Inês, que são meu exemplo de vida, sempre me apoiaram e me deram todo o suporte necessário em tudo que fiz, e são indispensáveis para que a conclusão desta etapa fosse possível.

A todos os familiares que sempre estiveram na torcida pelo meu sucesso.

Por fim, agradeço a minha melhor amiga, companheira e namorada, Emelin Iaronka, por todo apoio, carinho, paciência e amor que sempre demonstrou, em especial durante a realização do trabalho, e por ajudar efetivamente na confecção dos textos, me dando forças para seguir em frente e concluir o trabalho.

A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não
seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma
como nos acostumamos a ver o mundo.

Albert Einstein

RESUMO

Diante do acelerado desenvolvimento de novas técnicas e materiais na construção civil, estes muitas vezes não possuem embasamento científico adequado ao serem lançados no mercado. Dessa forma, se torna necessário o estudo das suas aplicabilidades para aumentar a eficiência, evitar manifestações patológicas e, conseqüentemente, elevar a vida útil das edificações. Tendo em vista que no Brasil a maioria dos revestimentos em fachadas é de argamassa, caso haja incompatibilidade de deformações, da base com estes, pode acontecer o surgimento de fissuras e descolamentos, expondo estruturas às ações de intempéries e trazendo risco de deslocamento de argamassa. Para resolver esse problema, é comum que projetistas recomendem o uso de telas incorporadas à argamassa a fim de melhorar o desempenho do revestimento, aumentando a resistência à tração, servindo de suporte e absorvendo deformações. Nesse contexto, o presente trabalho visa avaliar o desempenho do revestimento de argamassa reforçado com telas não metálicas, combinando diferentes tipos de telas e argamassas. Para essa avaliação se escolheu dois tipos de argamassa e quatro tipos de telas, sendo que foram realizadas a caracterização das argamassas, e utilizada uma adaptação de ensaio de resistência à tração por compressão diametral em que as telas foram incorporadas à argamassa no centro do corpo de prova, onde se mensurou a resistência para comparar o desempenho dos diferentes conjuntos tela argamassa. Os resultados revelaram diferença de desempenho entre as argamassas utilizadas. Já para os tipos de telas, estatisticamente, se mostraram indiferentes entre si, devido a alta variabilidade do ensaio proposto. Com exceção, para a argamassa 1, a tela de fibra de vidro com menor abertura de malha apresentou ganho significativo de resistência em relação ao corpo de prova sem tela incorporada.

Palavras-chave: Desempenho de revestimentos com telas; reforço com tela; tela de fibra de vidro para argamassa; tela plástica para argamassa.

ABSTRACT

If we take into consideration the fast development of new techniques and materials in civil construction, the technologies often do not have adequate scientific basis when they are launched in the market. Therefore, it is necessary to study its applicability in order to increase efficiency, avoid pathological manifestations and, consequently, to increase the life span of buildings. Taking into consideration that most of the façades coatings are mortar, if there are incompatibility of deformations, cracks and detachments may appear exposing structures to strong weather and bringing the risk of mortar flaking. To solve this problem, the designers usually recommend the use of meshes incorporated in the mortar with the purpose to improve the performance of the coating, increasing the tensile strength, being support and making deformations compatible. In this context, this present study aims to evaluate the performance of reinforced mortar coating with non-metallic meshes, combining different types of meshes and mortars. In order to evaluate this, a mortar characterization was done and a diametrical compression tensile strength test was used in which the meshes were incorporated into the mortar in the middle of the specimen test and the resistance was measured to compare the performance of the different sets of meshes and mortar. Therefore, the results were statistically indifferent to each other, due to the high variability of the proposed trial. With the exception, inside one of the mortars used, the smallest fiberglass mesh presented a significant gain of resistance in relation to the specimen test without any mesh.

Key words: Performance of coatings with meshes; reinforcement with meshes; fiberglass mesh for mortar; plastic mesh for mortar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Manifestações patológicas em revestimentos de argamassa.....	19
Figura 2: Reforço com tela em cantos de aberturas.....	24
Figura 3: Corrosão da tela metálica em reforço de revestimento	25
Figura 4: Tipos de tela para reforço de revestimento	26
Figura 5: Esquema da utilização de argamassa armada	27
Figura 6: Solicitações impostas ao revestimento de fachada das edificações	28
Figura 7: Fissuras típicas em cantos de aberturas	29
Figura 8: Representação dos esforços de compressão na interface alvenaria estrutura	30
Figura 9: Representação dos esforços de tração na interface alvenaria estrutura	30
Figura 10: Representação dos esforços de flexão na interface alvenaria estrutura	30
Figura 11: Representação dos esforços de cisalhamento na interface alvenaria estrutura	30
Figura 12: Fissuração por movimentação térmica devido a materiais diferentes.....	32
Figura 13: Fissuração por movimentação térmica.....	32
Figura 14: Fissuração mapeada devido à retração da argamassa	32
Figura 15: Representação esquemática do programa experimental	35
Figura 16: Mistura da argamassa na betoneira de eixo vertical: (a) adição de argamassa; (b) mistura na betoneira.....	38
Figura 17: Moldagem dos corpos de prova para avaliação das telas: (a) Molde cilíndrico com as telas posicionadas; (b) Molde cilíndrico com argamassa; (c) Molde cilíndrico com argamassa e tela.	40
Figura 18: Exemplo de gabarito de madeira para posicionamento da tela no corpo de prova evidenciando o corte para passagem da tela.....	40
Figura 19: Fixação da tela e montagem da forma (vista inferior da base).	41
Figura 20: Posicionamento da tela dentro do molde cilíndrico.	41
Figura 21: Telas já colocadas no interior do corpo de prova, antes do posicionamento final e preenchimento.	42
Figura 22: Moldes cilíndricos para ensaio de resistência à tração por compressão diametral utilizados por: (a) Antunes, 2016; (b) Gomes et al., 2007.....	43
Figura 23: Representação esquemática do ensaio de resistência à tração por compressão diametral (baseado na norma NBR 7222, 2011)	43
Figura 24: Exemplo de ruptura dos corpos de prova cilíndricos com tela	44
Figura 25: Absorção de água por capilaridade	49

Figura 26: Resistência à tração por compressão diametral para as argamassas	52
Figura 27: Resistência à tração por compressão diametral para as telas	53
Figura 28: Resistência à tração por compressão diametral para telas e argamassas	54
Figura 29: Resistência à tração por compressão diametral para as telas e argamassas utilizadas	54

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	43
-----------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da argamassa 1 fornecida pelo fabricante	36
Tabela 2: Ensaio realizados e suas respectivas normas para a caracterização das argamassas	36
Tabela 3: Identificação e características das telas	38
Tabela 4: Quantidade de água, densidade de massa e consistência das argamassas	39
Tabela 5: Distribuição de corpos de prova por betonada para cada argamassa.	39
Tabela 6: Densidade de massa no estado endurecido.....	45
Tabela 7: ANOVA para densidade de massa no estado endurecido	46
Tabela 8: Resistência à tração na flexão das argamassas	46
Tabela 9: ANOVA para resistência à tração na flexão.....	46
Tabela 10: Resistência à compressão das argamassas em análise.....	47
Tabela 11: ANOVA para resistência compressão	47
Tabela 12: Módulo de elasticidade dinâmico	48
Tabela 13: ANOVA para módulo de elasticidade	48
Tabela 14: Absorção de água por capilaridade.....	49
Tabela 15: Coeficiente de capilaridade	50
Tabela 16: ANOVA para coeficiente de capilaridade	50
Tabela 17: Resumo das propriedades das argamassas.....	50
Tabela 18: Resistência à tração por compressão diametral do conjunto argamassa/tela.....	51
Tabela 19: Análise de variância para ensaio de tração por compressão diametral.....	51
Tabela 20: Custo por m ² das telas.....	55

LISTA DE SIGLAS

ABCP – Associação brasileira de cimento Portland

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas

ANOVA – Análise de variância (estatística)

F – Teste F

GL – graus de liberdade

NBR – Normas brasileiras

P – Nível de significância

SQ – Soma quadrática

SQF – Média quadrática

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

A – área (m²)

b – largura da tira de madeira

d = diâmetro do corpo e prova, em mm;

F = força máxima aplicada, em N;

f_{ct,sp} = resistência à tração por compressão diametral, em MPa;

g/cm² - gramas por centímetro quadrado

h – altura da tira de madeira

kg – kilogramas

kg/m³ – kilogramas por metro cúbico

l = comprimento do corpo de prova

mm – milímetros

MPa - Megapascal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	Contextualização e justificativa do tema	18
1.2	Objetivo geral	20
1.3	Delimitação.....	20
1.4	Limitação	20
2	SISTEMA DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA.....	21
2.1	Partes constituintes do revestimento.....	21
2.1.1	Base e camada de preparação	22
2.1.2	Argamassa de revestimento	23
2.1.3	Telas como reforço do revestimento	23
2.1.3.1	Uso de argamassa armada no revestimento.....	26
2.2	Solicitações no revestimento de argamassa	28
2.3	Manifestações patológicas no revestimento de argamassa	31
3	PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	34
3.1	Variáveis de estudo	34
3.2	Materiais e métodos	34
3.2.1	Argamassa	35
3.2.2	Telas	37
3.2.3	Produção das argamassas.....	38
3.2.4	Moldagem dos corpos de prova.....	39
3.2.5	Confecção das formas.....	40
3.2.6	Cura dos corpos de prova	42
3.3	Ensaio de resistência à tração por compressão diametral	42
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
4.1	Caracterização das argamassas	45
4.1.1	Densidade de massa no estado endurecido.....	45

4.1.2	Resistência à tração na flexão.....	46
4.1.3	Resistência à compressão	47
4.1.4	Módulo de elasticidade dinâmico	47
4.1.5	Absorção de água.....	48
4.1.5.1	Absorção de água por capilaridade	48
4.1.5.2	Coefficiente de capilaridade	49
4.1.6	Resumo da caracterização das argamassas	50
4.2	Análise do conjunto argamassa/tela.....	51
4.3	Análise de custo das telas	55
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
	APENDICE A	62

1 INTRODUÇÃO

A seguir, serão abordados conceitos sobre os revestimentos de argamassa, caracterizando sua aplicabilidade e se descreverão as solicitações que somadas a incompatibilidade da base poderão gerar manifestações patológicas. Estas solicitações justificam o desenvolvimento de técnicas de reforço, a fim de melhorar o desempenho dos revestimentos de natureza rígida.

1.1 Contextualização e justificativa do tema

Os revestimentos de argamassa são os mais utilizados no processo de produção de vedações verticais, seja como camada de acabamento ou de regularização, utilizando argamassa industrializada ou argamassa dosada *in loco* (ESQUIVEL, 2009). O mesmo autor diz ainda que a durabilidade dos revestimentos, quando aplicado em fachadas de edifícios de múltiplos pavimentos, é uma das preocupações atuais no meio técnico. As edificações estão sujeitas à ação de intempéries (vento, chuva, sol, poluição, etc.), que solicitam o revestimento e fazem com que ocorram manifestações patológicas, causando problemas estéticos e de degradação da edificação, diminuindo sua vida útil (ANTUNES, 2016).

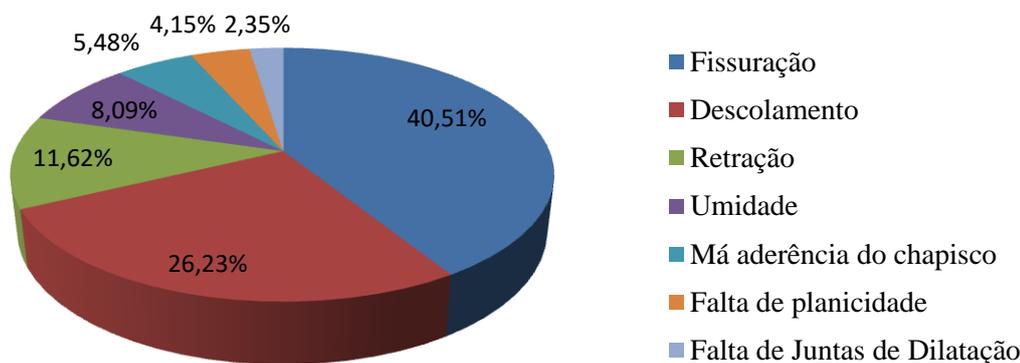
Conforme a NBR 15575 (ABNT, 2015), independentemente da técnica e do material utilizado, o revestimento deve atender determinado nível de desempenho em suas funções básicas como: estanqueidade, proteção térmica e acústica, durabilidade.

Devido à ação das intempéries e às movimentações naturais, geram-se diversas solicitações na edificação e no revestimento de argamassa. Essas solicitações ocorrem através da variação térmica e de umidade, sobrecargas e concentração de tensões, deformações excessivas, recalques do solo, retração da argamassa e alteração química dos materiais. Desta forma, originam manifestações patológicas no revestimento, prejudicando o desempenho do mesmo e de toda edificação (THOMAZ, 1989).

Segundo Masuero (2003), em uma pesquisa realizada para a Comunidade da Construção, na cidade de Porto Alegre/RS, que avaliou aproximadamente 613 mil metros quadrados de revestimento de argamassa em fachadas, identificou-se, conforme apresentado na figura 1, que as principais manifestações patológicas que ocorreram nos revestimentos foram a fissuração, com 40,51% dos casos, seguido pelo descolamento

que afeta 26,23% dos revestimentos avaliados e pela retração da argamassa foi 11,62%. Já a umidade, a má aderência do chapisco ao concreto, a falta de planicidade e de juntas de movimentação somam o restante das manifestações patológicas em revestimentos. Diante disso, nota-se a importância de estudar maneiras de minimizar o surgimento das fissuras.

Figura 1: Manifestações patológicas em revestimentos de argamassa



(Fonte: Masuero, 2003)

A fissuração e o descolamento ocorrem geralmente devido à movimentação térmica e estrutural, que se dá por causa da variação de temperatura e a movimentação diferencial da estrutura, gerando desta forma uma sobrecarga na zona de encunhamento e na união de materiais diferentes, tais como concreto e alvenaria. Outra causa comum da fissuração nos revestimentos está associada à retração da argamassa. Conforme o manual de revestimentos de argamassa da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2002), a fissuração dos revestimentos deve ser evitada, pois além de perder a sua capacidade de estanqueidade, a eficácia da aderência pode ficar prejudicada no entorno da região fissurada.

Segundo ANTUNES (2016), para evitar fissuras e o consequente descolamento do revestimento de argamassa, são utilizadas técnicas de reforço e reabilitação do sistema de revestimento, tais como, a utilização de fibras incorporadas à argamassa e telas imersas na camada do revestimento, que tem como objetivo absorver as tensões e garantir o desempenho do sistema de revestimento.

Desta maneira, podem ser utilizados diferentes tipos de telas para reforçar o revestimento de argamassa, as mais comuns são as metálicas, seguidas pelas plásticas e de fibra de vidro. O uso de telas plásticas justifica-se pela facilidade de manipulação,

uma vez que são mais maleáveis, além da segurança ao trabalho dos operários. Além disso, não sofrer com o problema de corrosão e seu custo é inferior, porém deve-se ressaltar que a resistência mecânica à tração das telas plásticas é muito inferior às metálicas. Pode-se ainda empregar o uso de telas de fibra de vidro, que também não apresentam problemas quanto à corrosão, possuem alta resistência à tração, porém com custos mais elevados entre as demais.

1.2 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de revestimentos de argamassa reforçado com telas não metálicas, ou seja, plásticas e de fibra de vidro, para um sistema de revestimento.

Como objetivos específicos têm-se:

- avaliar a influência dos tipos de telas (plásticas e de fibra de vidro) no desempenho mecânico do conjunto tela/argamassa, através do ensaio de resistência à tração por compressão diametral realizado em laboratório;
- analisar a influência do módulo de elasticidade das argamassas na resistência à tração por compressão diametral do conjunto com tela;
- realizar uma análise de custo-benefício entre as telas utilizadas.

1.3 Delimitação

O presente trabalho está delimitado a utilizar telas não metálicas, sendo elas plásticas e de fibra de vidro.

1.4 Limitação

Dentre os diferentes ensaios para avaliar o desempenho do conjunto tela/argamassa, foi escolhido o ensaio de resistência à tração por compressão diametral, onde se puderam variar os tipos de tela e de argamassa. Foram limitações para este trabalho:

- Um modelo de tela plástica
- Três modelos de tela de fibra de vidro
- Dois tipos de argamassas industrializadas

Sendo assim, foram realizados ensaios com os quatro tipos de telas adotadas, combinando com as duas argamassas escolhidas.

2 SISTEMA DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Segundo ABCP (2002) “O revestimento de argamassa pode ser entendido como a proteção de uma superfície porosa com uma ou mais camadas superpostas, com espessura normalmente uniforme, resultando em uma superfície apta a receber de maneira adequada uma decoração final”. A mesma define ainda que o sistema de revestimento pode ser entendido como um conjunto de subsistemas, e tem como funções a proteção à alvenaria, regularização das superfícies, estanqueidade, e funções de natureza estéticas, devido ao fato de ser o elemento de acabamento final das vedações.

A escolha da quantidade de cada material adicionado na mistura (traço) vai determinar as propriedades da argamassa, por isso a importância da definição de um traço adequado é fundamental para o desempenho do revestimento. Dubaj (2000) diz que a falta de cuidado com a escolha do traço e com a execução da construção, acarretará no desempenho impróprio dos revestimentos, a problemas antecipados, gerando custos de manutenção e obrigando a intervenções muito significativas.

Em termos de revestimento de argamassa, a maior parte dos problemas encontra-se nas fachadas, quando comparado ao revestimento interno. Considerando que o revestimento externo (fachada) das edificações é o foco desta pesquisa, pois as telas são utilizadas principalmente no revestimento externo, é fundamental conhecer conceitos sobre o mesmo. A NBR 13755 (ABNT, 2017) define revestimento externo como sendo o conjunto de camadas superpostas e intimamente ligadas, constituído pela estrutura-suporte, alvenarias, camadas sucessivas de argamassas e revestimento final, cuja função é proteger a edificação da ação de chuva, umidade, agentes atmosféricos, desgaste mecânico oriundo da ação conjunta do vento e partículas sólidas, bem como dar acabamento estético.

2.1 Partes constituintes do revestimento

Este capítulo apresenta o revestimento de argamassa dividindo-o em camadas, bem como seus materiais constituintes e mostra o reforço na argamassa com a utilização de telas para melhora do desempenho.

2.1.1 Base e camada de preparação

A base tem um papel fundamental, pois ela que dará suporte ao revestimento de argamassa, através da aderência entre a camada base/argamassa e uniformizar absorção da base, que normalmente é constituída por materiais diferentes. A camada que serve como base de um revestimento pode ter função de vedação e/ou estrutural. As bases podem ser em alvenarias de vários tipos, tais como tijolo maciço, blocos cerâmicos comuns e modulares, blocos de concreto, blocos de concreto celular autoclavado (leves), painéis de vedação cimentícios, ou ainda elementos estruturais como pilares, vigas e lajes de concreto (ANTUNES, 2016).

Além dos materiais, é importante considerar o modo de assentamento (no caso dos blocos), realizado tipicamente com argamassa de assentamento, que vai influenciar no comportamento da base e do revestimento de argamassa.

Devido a grande variedade de materiais utilizados na construção, que podem servir como base do revestimento, existem diferenças nas propriedades que afetam o mecanismo de aderência. A porosidade dos materiais, a sua superfície (lisa, frisada e etc.), as diferentes propriedades químicas, absorção de água e desempenho térmico são características que variam de acordo com o material, fazendo com que a avaliação e conhecimento da base sejam fundamentais para a qualidade do revestimento evitando os problemas causados pela falta de aderência.

Segundo Candia (1998), o fato de o revestimento trabalhar sempre aderido à base e possuir grandes superfícies das fachadas do edifício expostas às condições severas do meio ambiente faz com que surjam tensões de tração e de cisalhamento na interface base/revestimento, como consequência dos movimentos diferenciais ocorridos entre a camada de revestimento e o substrato, por causa dessa exposição.

Segundo Ruduit (2009), quando uma superfície lisa ou de baixa absorção for revestida com argamassa, a aderência entre a base e a argamassa será dificultada, fazendo com que seja necessária uma camada de preparação. O chapisco é uma camada de argamassa, aplicada diretamente na base e serve para melhorar a aderência entre as camadas, além de uniformizar a base quanto à absorção. O mesmo autor ainda define os três tipos básicos de chapisco em:

- Chapisco convencional (chapado com colher de pedreiro), indicado para base de concreto estrutural;
- Chapisco rolado (aplicado com rolo), usado em alvenarias e elementos de concreto estrutural;
- Chapisco adesivo (aplicado com desempenadeira), aplicado em substratos pouco porosos, principalmente elementos estruturais de concreto.

O tipo de chapisco a ser utilizado dependerá das características de aderência e absorção da base.

2.1.2 Argamassa de revestimento

Além da base, o revestimento de argamassa pode ser constituído em duas camadas, emboço e reboco ou massa única, que acumula as funções de emboço e reboco na mesma camada. A NBR 7200 (ABNT, 1998) define argamassa como sendo uma mistura homogênea de agregado miúdo, aglomerante e água, podendo conter aditivos ou adições, alterando as propriedades de aderência e endurecimento.

A camada de emboço tem como função cobrir e regularizar a superfície da base, com ou sem chapisco, definindo o plano vertical da fachada e atendendo as funções do revestimento. Após tem-se a camada de reboco que vai dar o acabamento no revestimento, é uma camada geralmente mais fina que irá regularizar a superfície para receber o acabamento final (pintura, textura, etc) ou servir como próprio acabamento final.

Já no método da massa única, tem-se apenas uma camada de argamassa no revestimento, exercendo a função de emboço e reboco ao mesmo tempo. Nesse método notam-se muitos problemas de deslocamento quando a camada é muito espessa, devido ao peso próprio ser elevado para uma única camada (ANTUNES, 2016).

2.1.3 Telas como reforço do revestimento

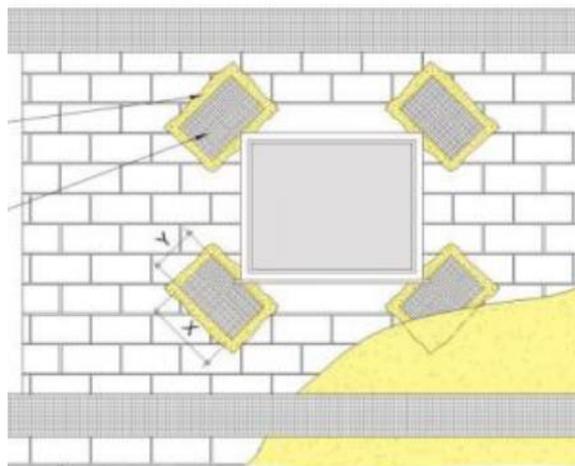
Usualmente as telas são recomendadas por projetistas para reforço de revestimento de argamassa e também em reparos de fissuras. O uso de telas é explicado pela necessidade de garantir continuidade no revestimento, compatibilizando as pequenas deformações e distribuindo as tensões, garantindo assim, mais segurança, resistência e durabilidade às fachadas (ANTUNES, 2016).

Segundo Gomes et al. (2011), é fundamental que seja feita a compatibilização dos sistemas estruturais, alvenaria, revestimento, atendendo os requisitos de desempenho e durabilidade. Como o sistema de revestimento é o mais vulnerável, para minimizar o efeito das tensões geradas, se recomenda a utilização de telas dentro da camada de argamassa de revestimento. Porém, o uso de telas ocorre sem o respaldo técnico que justifique as soluções adotadas pelos projetistas e por isso tantas diferenças nas especificações, quanto aos tipos de telas e seu posicionamento dentro da argamassa.

A NBR 13755 (ABNT, 2017) salienta que para revestimentos de argamassa com camadas superiores a 2,5cm, deve-se utilizar reforço com tela, pois espessuras superiores dificultam a aderência da argamassa devido ao peso próprio, e criam esforços que originam a fissuração. De acordo com a norma, “a função da tela é inibir a retração da argamassa, suportar o peso próprio de todas as camadas a partir do chapisco, sendo indispensável quando uma das camadas subjacentes for uma impermeabilização ou um isolamento térmico”.

Um dos caminhos para diminuir a fissuração é o uso de tela fina, cuja função é dissipar a fissuração, transformando as grandes fissuras em microfissuras, que sejam esteticamente identificáveis e não provoquem prejuízos ao desempenho do revestimento. A tela deve ser posicionada dentro da camada de argamassa, ou seja, não deve estar em contato com a base. As telas são utilizadas em regiões potencialmente fissuráveis como o encontro estrutura-alvenaria, região de encunhamento da alvenaria, região de verga e contraverga e nos cantos das aberturas como mostra a figura 2 (BAUER, 2005).

Figura 2: Reforço com tela em cantos de aberturas



(fonte: DATec nº19,2015)

Encontram-se especificados tanto nos projetos de revestimento de fachada, como nos casos em que não há projeto, diversos tipos de telas que são utilizadas como reforço para o revestimento de argamassa. As principais telas empregadas em revestimentos de argamassa são as metálicas, que variam com o diâmetro de fios, espessura e formato das malhas (ANTUNES, 2016).

A norma britânica BS5385-1 (2018) recomenda que para a execução de reforços no revestimento externo sejam usadas telas eletrosoldadas de aço inoxidável (com fios de diâmetro de pelo menos 2,5mm e abertura de malha de 50x50mm) e admite a utilização de telas de aço galvanizado (com fios de diâmetro superior a 1,02mm e malha 25x50mm) apenas para uso interno.

Porém, no Brasil, como raramente são utilizadas telas em aço inoxidável, podem apresentar problemas quanto à corrosão que marcam o revestimento como mostra a Figura 3. Além da corrosão, outra desvantagem das telas metálicas é o risco quanto à segurança dos operários em seu manuseio, podendo causar ferimentos à pele.

Figura 3: Corrosão da tela metálica em reforço de revestimento



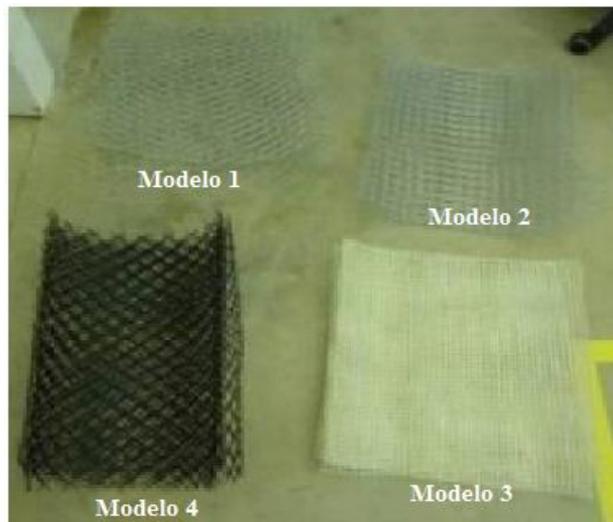
(Fonte: Autor, 2018)

Como alternativas a tela metálica, tem-se utilizado então, as telas de fibra de vidro e as plásticas, na busca de uma solução para o problema de corrosão que pode acontecer nas telas metálicas, além de apresentarem custos inferiores. Rovedder (2015), após pesquisa de mercado, utiliza em sua pesquisa as telas apresentadas na Figura 4, com a seguinte caracterização:

- Tela hexagonal (Modelo 2): malha 1”, composta por fios galvanizados com diâmetro 0,71mm, trançados, conhecida como “passarinheira” ou “tela de galinheiro”;

- Tela eletrosoldada metálica (Modelo 1): malha 25mm x 25mm, composta por fios galvanizados com diâmetro 1,24mm;
- Tela de fibra de vidro (Modelo 3): malha de 10mm x 10mm, composta por fios de fibra de vidro em uma direção, com dimensão retangular 2,26mm x 0,56mm;
- Tela de PVC (Modelo 4): malha hexagonal irregular, de dimensão 30mm x 30mm, composta por fios de PVC com dimensão retangular 1,63mm x 1,05mm;

Figura 4: Tipos de tela para reforço de revestimento



(fonte: ROVEDDER, 2015)

2.1.3.1 *Uso de argamassa armada no revestimento*

A argamassa armada foi desenvolvida em 1848 inicialmente por Joseph Louis Lambot, conhecida como ferrocimento, Lambot descrevia o material como "uma rede ou conjunto de arames ou barras metálicas aplicadas juntas com cimento hidráulico, de tal maneira a formar vigas e pranchas de qualquer tamanho desejado". A argamassa armada era utilizada para construir vasos para plantas, reservatórios de água e pequenos barcos (PANIAGO, 1998). Podendo ser considerada um tipo particular de concreto armado, excluindo o agregado graúdo, contendo telas com fios de pequeno diâmetro uniformemente distribuídos na seção transversal, contendo malha metálica principalmente, mas também pode ser encontrada malha de fibra de vidro resistente ao álcalis, além de tecidos vegetais (ANTUNES, 2016).

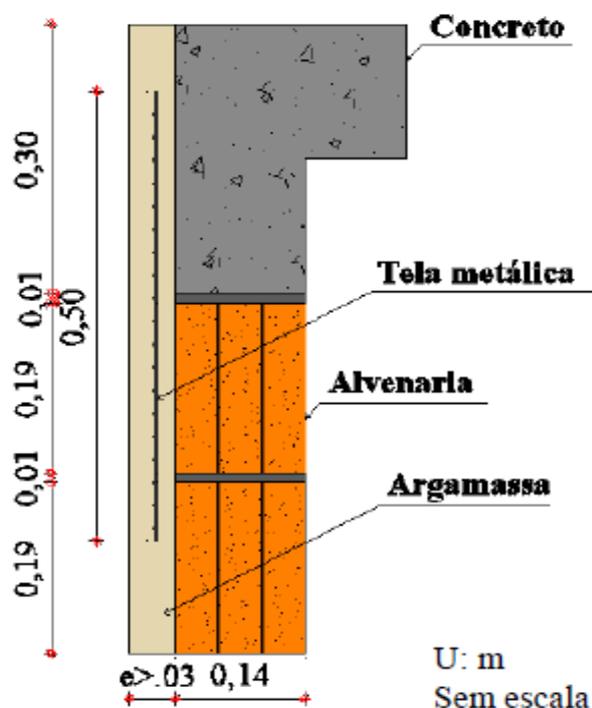
A argamassa armada utilizada com fins estruturais é uma técnica consagrada, conhecida por ser muito versátil na moldagem em formas não convencionais, sendo um material relativamente rígido no estado endurecido por ter como base um traço rico em cimento. Quando utilizada como reparos ou reforço de revestimento, as telas estão imersas à

camada de argamassa, que é normalmente mais deformável por se tratar de revestimento, contendo muitas vezes cal e algum tipo de aditivo. No revestimento, as telas atuam quando a argamassa é solicitada à tração e à tração na flexão (ANTUNES, 2016), onde o objetivo da tela no reforço do revestimento é evitar a fissuração da argamassa.

Segundo Hanai (1992), a propagação das microfissuras se dá a partir de falhas pré-formadas, e sabendo que a argamassa pode ser submetida a grandes deformações nas proximidades com a armadura, numa situação limite hipotética, tendo reforço de armadura ao lado de cada falha, a abertura das microfissuras seria limitada. Porém, armaduras com fios tão próximos entre si são inviáveis, pois a argamassa não penetraria na tela, e o distanciamento maior entre os elementos de reforço faz com que essa propriedade se torne mais fraca.

Para utilização da técnica é necessária uma espessura mínima de revestimento de 30mm, onde normalmente é usada em espessuras superiores a 50mm, afim de evitar queda de material em casos de descolamento, conforme pode ser observado na Figura 5.

Figura 5: Esquema da utilização de argamassa armada



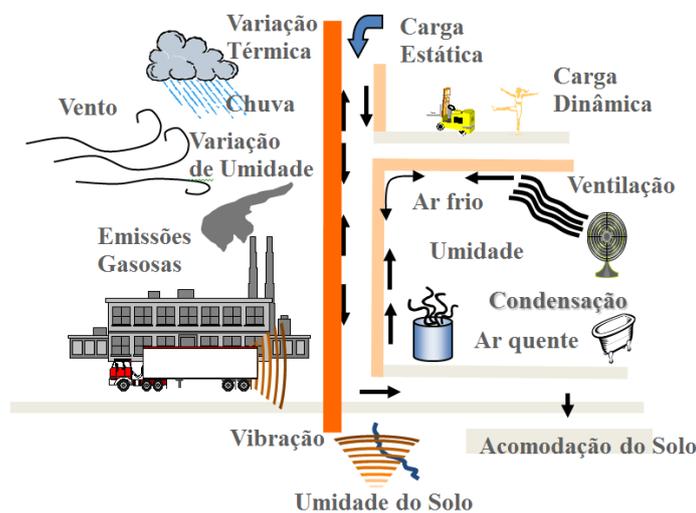
(fonte: MACIEL apud ANTUNES, 2016)

Para execução da argamassa armada como revestimento, é necessário fixar adequadamente a tela sobre a superfície, aplicando a argamassa de forma manual ou mecânica (a habilidade da mão de obra é fator determinante para a qualidade e acabamento da estrutura), devendo-se tomar cuidado com a cura úmida da argamassa (RAMIRES, 2007). Ao inserir a tela é preciso executar uma camada inicial com espessura entre 15 e 25 mm, comprimindo e alisando a argamassa. Logo após, a tela é colocada e comprimida contra a argamassa, para após ser aplicado o restante da camada de argamassa (ANTUNES, 2016).

2.2 Solicitações no revestimento de argamassa

Diante da exposição do revestimento ao meio externo, o mesmo fica sujeito à ação de vento, chuva, variação térmica e de umidade, ataques químicos, entre outros agentes que vão contribuir para degradação do revestimento. Além de agentes externos, também existem ações como cargas estáticas e dinâmicas, movimentações estruturais e recalques, que também vão prejudicar o revestimento e contribuir para o surgimento de manifestações patológicas.

Figura 6: Solicitações impostas ao revestimento de fachada das edificações



(Fonte: ABCP, baseado em Cincotto *et al.*, 1995)

Como o foco do trabalho é combater a fissuração e descolamento do revestimento, é importante saber as causas desses problemas. Segundo Thomaz (1989) tem-se diversos fenômenos de formação de fissuras, dos quais o autor destaca os seguintes:

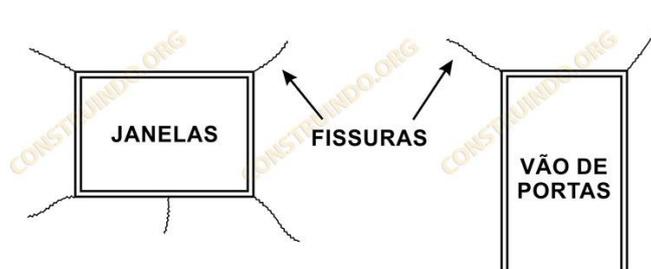
- Movimentações provocadas por variações térmicas e de umidade;
- Atuação de sobrecargas ou concentração de tensões;

- Deformabilidade excessiva das estruturas;
- Recalques diferenciados das fundações;
- Retração de produtos a base de ligantes hidráulicos;
- Alterações químicas de materiais de construção.

Tais fenômenos vão solicitar o edifício e o revestimento de argamassa de forma direta ou indireta. Thomaz (1989) diz que as fissuras formadas por movimentações térmicas das paredes, geradas através da variação dimensional pela diferença de temperatura, dependem do módulo de deformação da argamassa, sendo importante que a capacidade de deformação do revestimento seja maior que a da parede. As movimentações também se dão devido às variações no teor de umidade dos materiais, que dependem da sua capilaridade e porosidade, gerando forças de sucção e solicitando o revestimento. O mesmo autor ainda ressalta o fenômeno da retração que ocorre devido à hidratação do cimento, sendo que “quanto maior o consumo de cimento na argamassa, maior a potencialidade de formação de fissuras de retração no revestimento”.

Thomaz (1989) também fala sobre a atuação de sobrecargas e deformações excessivas nos elementos estruturais e de alvenarias da edificação, onde também será refletido para o revestimento em forma de fissuras. Também é importante salientar as deformações diferenciais entre estrutura e alvenaria, além da concentração de tensões nos cantos de aberturas como causas de fissuração como mostra a figura 7 (JUNGINGER *et al.* 2017).

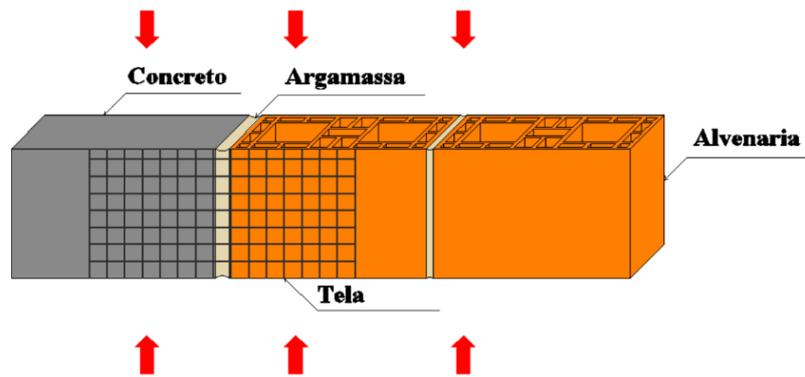
Figura 7: Fissuras típicas em cantos de aberturas



(fonte: CLUBE DO CONCRETO, 2016)

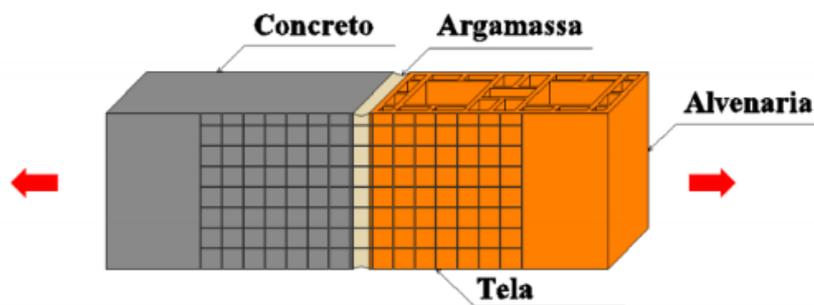
Todos esses fenômenos vão gerar, de alguma forma, solicitações no revestimento através de tensões que serão transmitidas entre suas camadas. Entre os principais esforços gerados vale destacar a compressão (Figura 8) que requer resistência da alvenaria de vedação, e solicitações de tração (Figura 9), flexão (Figura 10), flambagem e cisalhamento (Figura 11) que necessita resistência de aderência entre blocos e argamassa de assentamento, além da resistência entre a base e o sistema de revestimento (ANTUNES, 2016).

Figura 8: Representação dos esforços de compressão na interface alvenaria estrutura



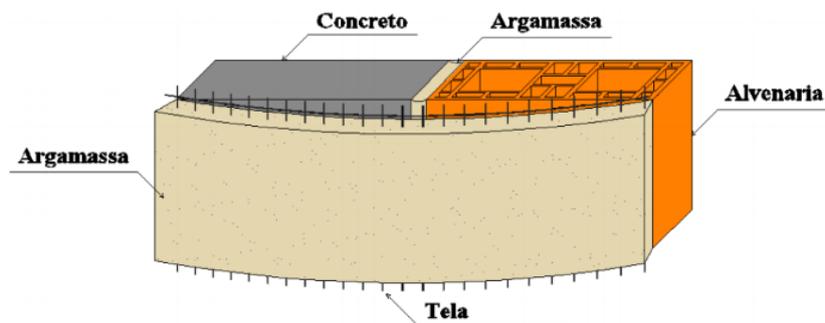
(fonte: ANTUNES, 2016)

Figura 9: Representação dos esforços de tração na interface alvenaria estrutura



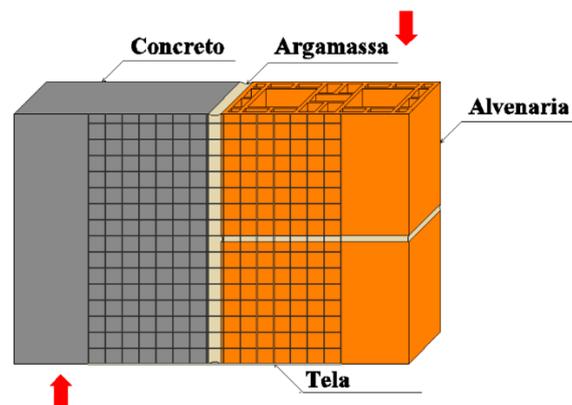
(fonte: ANTUNES, 2016)

Figura 10: Representação dos esforços de flexão na interface alvenaria estrutura



(fonte: ANTUNES, 2016)

Figura 11: Representação dos esforços de cisalhamento na interface alvenaria estrutura



(fonte: ANTUNES, 2016)

Tendo em vista as solicitações apresentadas no revestimento, é fundamental que ele consiga absorver as movimentações diferenciais entre os componentes do edifício e as camadas do revestimento. Por outro lado, a argamassa de revestimento possui o cimento como principal aglomerante, que apresenta módulo de elasticidade elevado. Por isso é importante controlar a quantidade de cimento, além da espessura do revestimento de argamassa, a fim de atingir maior capacidade de absorver deformações (ANTUNES, 2016).

2.3 Manifestações patológicas no revestimento de argamassa

As edificações podem apresentar defeitos que devem ser estudados a fim de se conseguir o diagnóstico e sua correção. As manifestações patológicas mais comuns nos revestimentos de argamassa são as manchas, o bolor, os descolamentos, as fissuras, o esfarelamento e as vesículas (VERÇOZA, 1991).

Como já citado anteriormente, segundo Masuero (2003), as principais manifestações patológicas que ocorreram nos revestimentos foram a fissuração, o descolamento e a retração da argamassa. Diante disso, nota-se a importância de estudar maneiras de minimizar o surgimento das fissuras e futuros descolamentos, que juntos somam dois terços das manifestações patológicas nos revestimentos.

No presente trabalho, são abordadas principalmente as fissuras e os descolamentos, pois fazem parte do foco desta pesquisa, uma vez que se pretende verificar o uso de telas não metálicas no desempenho do sistema com objetivo de evitar ou diminuir a ocorrência de fissuras e consequentes descolamentos. Segundo Gomes et al. (2011), as fissuras nos revestimentos, originadas por diferentes ações, como temperatura, vento, peso da edificação, estão associadas tanto à incapacidade da argamassa de absorver as movimentações da estrutura, quanto à técnica executiva utilizada e dosagem dos materiais constituintes.

Para Thomaz (1989) as fissuras que acontecem em argamassa de revestimento, onde não se tem fissuração na base, são causadas pela retração da argamassa e por movimentações térmicas devido a diferentes coeficientes de dilatação dos materiais, como mostra as figuras 12 e 13.

Figura 12: Fissuração por movimentação térmica devido a materiais diferentes



(fonte: THOMAZ apud SILVA, 2007)

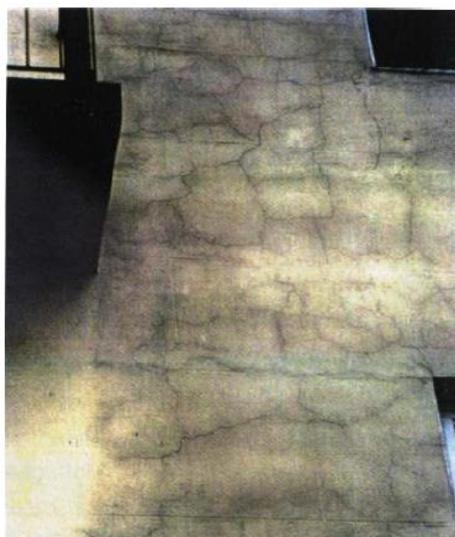
Figura 13: Fissuração por movimentação térmica



(fonte: ANTUNES, 2016)

Também de acordo com Thomaz (1989) as fissuras causadas pela retração da argamassa apresentam distribuição uniforme com linhas mapeadas que formam ângulos bem próximos de 90° , conforme se pode observar na Figura 14.

Figura 14: Fissuração mapeada devido à retração da argamassa



(fonte: LEAL apud SEGAT, 2005)

De acordo com Segat (2005), a retração por secagem associada à baixa resistência à tração, constitui a maior desvantagem de materiais a base de cimento Portland, principalmente em grandes superfícies com restrição ao movimento, causando a fissuração.

Outros fatores que influenciam na fissuração do revestimento são os vértices nas aberturas, que apresentam alta concentração de tensões geradas pela variação térmica da parede (SILVA, 2007), e segundo Thomaz (1989) são geradas também pela distribuição de tensões dos vãos das aberturas. Além disso, a falta de juntas de movimentação, que servem para minimizar a propagação de esforços atuantes, irá causar o aparecimento de fissuras ou até mesmo o destacamento de partes do revestimento (RIBEIRO, F.A., BARROS, M.M.S.B., 2010).

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo é descrita a metodologia de pesquisa científica adotada para se alcançar os objetivos do trabalho. O desenvolvimento do trabalho se deu no LAMTAC/NORIE (Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação) da UFRGS.

3.1 Variáveis de estudo

Considerando o objetivo da pesquisa, definiram-se como as variáveis de resposta como sendo as propriedades mensuradas no ensaio de resistência à tração por compressão diametral, além das características medidas nos ensaios de caracterização das argamassas que são: índice de consistência, densidade de massa no estado fresco, densidade de massa no estado endurecido, resistência à tração na flexão, resistência à compressão, módulo de elasticidade dinâmico e absorção de água por capilaridade.

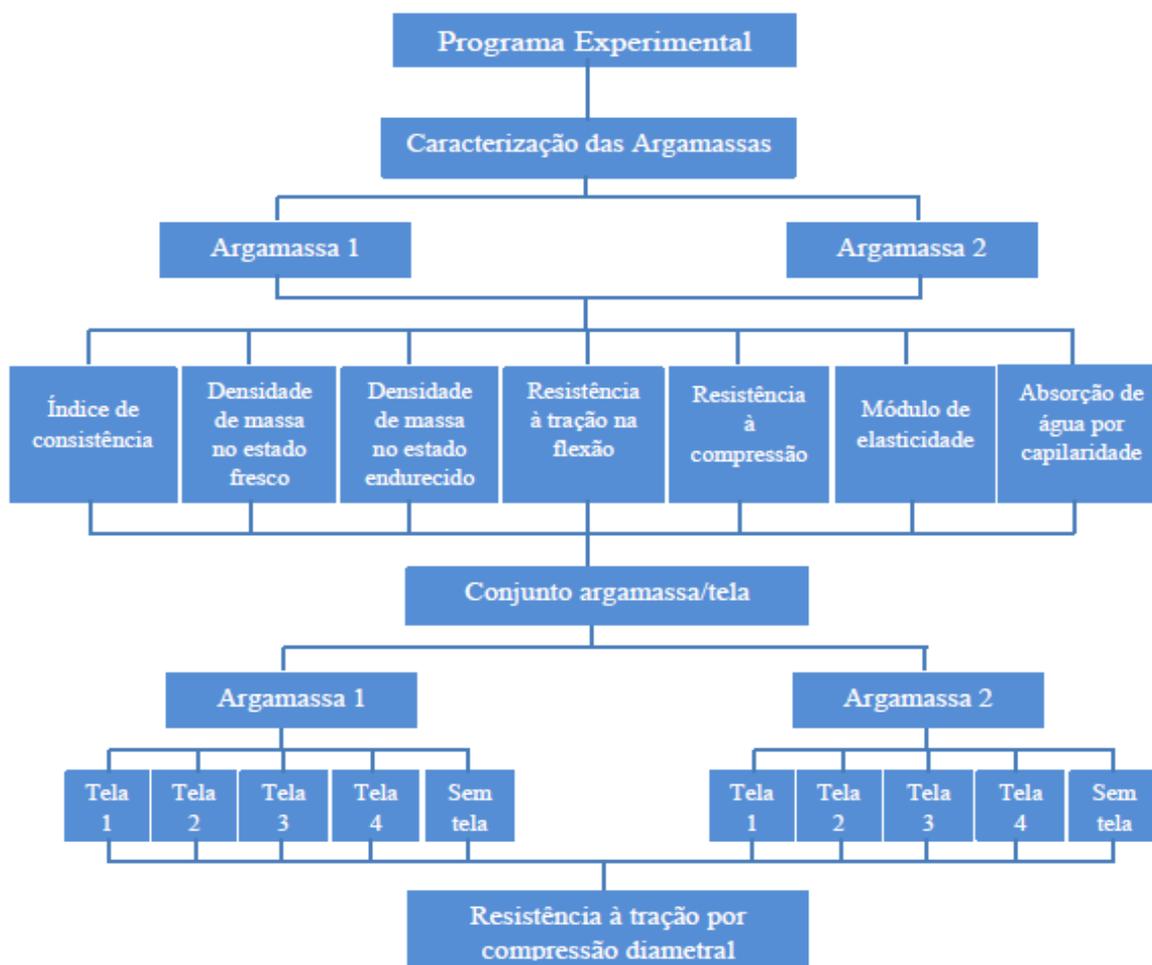
Como variáveis independentes, fatores controláveis na pesquisa, admitiram-se quatro tipos de telas, além de referência sem tela, e dois tipos de argamassa industrializada, temperatura e a umidade relativa do ar do ambiente de produção das argamassas.

As variáveis fixas foram mantidas constantes em todo o trabalho, tais como, equipamentos para a produção das argamassas e dos ensaios, operadores, cura dos corpos de prova que foram cobertos com uma lona durante 48h até a desforma, e após foram levados à câmara climatizada com temperatura e umidade controladas de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $60\pm 5\%$, respectivamente, onde permaneceram durante 28 dias a partir da moldagem até a ruptura.

3.2 Materiais e métodos

Neste item, são apresentadas as argamassas e telas utilizadas no trabalho, bem como a caracterização das mesmas e o processo de moldagem dos corpos de prova. O trabalho foi dividido em caracterização e ensaio de resistência do conjunto, conforme indicado na figura 15.

Figura 15: Representação esquemática do programa experimental



(fonte: elaborada pelo autor)

3.2.1 Argamassa

Para o trabalho experimental foram utilizadas duas argamassas industrializadas de fabricantes distintos, identificadas como argamassa 1 e argamassa 2. A argamassa 1 é composta por cimento Portland, agregados minerais com granulometria controlada e aditivos químicos. É indicada para assentamento de alvenaria de vedação e revestimento de paredes em áreas internas e externas, possui um tempo de manuseio de até 2 horas e cor cinza. Já a argamassa 2 é composta por cal hidratada, cimento Portland, areia industrial seca e classificada, fíler mineral e aditivos. É indicada para revestimento interno em camada única de até 20mm de espessura, sua granulometria fica entre 0 e 1,2mm, possui tempo de manuseio de 2 horas e meia após a mistura.

De acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005) que apresenta as classificações das argamassas quanto às propriedades físicas, o fabricante da argamassa 1 fornece a classificação de acordo com cada ensaio, conforme indicado na tabela 1. Já para a

argamassa 2, não foi encontrada a classificação conforme a mesma norma, porém o fabricante indica uma resistência à compressão mínima de 2,0 MPa.

Tabela 1: Classificação da argamassa 1 fornecida pelo fabricante

Ensaio	Método	Especificação	
		Classe	Faixa
Resistência à compressão [MPa]	NBR 13279/2005	P5	5,5 a 9,0
Densidade de massa aparente no estado endurecido [kg/m ³]	NBR 13280/2005	M4	1400 a 1800
Resistência à tração na flexão [MPa]	NBR 13279/2005	R3	1,5 a 2,7
Coefficiente de capilaridade [g/cm ² .min ^{1/2}]	NBR 15259/2005	C4	3,0 a 7,0
Densidade de massa no estado fresco [kg/m ³]	NBR 13278/2005	D4	1600 a 2000

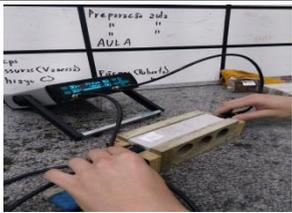
(fonte:autor, baseado em ficha técnica do fabricante)

A escolha por duas argamassas distintas, uma sem e outra com a presença de cal hidratada, é justificada pela diferença esperada no módulo de elasticidade das mesmas, a fim de avaliar a sua influência no desempenho com os diferentes tipos de telas.

Para caracterização das argamassas utilizadas no presente trabalho, foram realizados ensaios tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, conforme tabela 2 e de acordo com as normas indicadas.

Tabela 2: Ensaios realizados e suas respectivas normas para a caracterização das argamassas

Imagem	Ensaio	Forma do CP	Número de CP's	Norma
	Índice de consistência	Molde tronco cônico	3 leituras	NBR 13276 (ABNT, 2005)
	Densidade de massa no estado fresco	Molde Cilíndrico	x	NBR 13278 (ABNT, 2005)
	Densidade de massa no estado endurecido	4 x 4 x 16 cm	6	NBR 13280 (ABNT, 2005)

	Módulo de elasticidade dinâmico	4 x 4 x 16 cm	6	NBR 15630 (ABNT, 2009)
	Resistência à tração na flexão	4 x 4 x 16 cm	6	NBR 13279 (ABNT, 2005)
	Resistência à compressão	4 x 4 x 16 cm	6	NBR 13279 (ABNT, 2005)
	Absorção de água por capilaridade	4 x 4 x 16 cm	3	NBR 15259 (ABNT, 2005)

(fonte: elaborada pelo autor)

3.2.2 Telas

Foram escolhidos quatro modelos de telas, que variam na abertura, na forma da malha e no material, para realização dos ensaios, sendo três de fibra de vidro, do mesmo fabricante, e uma plástica de outro fabricante, denominadas da seguinte maneira, conforme indicado na tabela 3. Para caracterização das telas, foram utilizadas informações fornecidas pelos fabricantes a respeito de resistência à tração na ruptura e módulo de elasticidade. Para a tela de PVC não foram informados valores de caracterização pelo fabricante.

Tabela 3: Identificação e características das telas

Nomenclatura	Tela 1	Tela 2	Tela 3	Tela 4
Material	Fibra de vidro anti-álcalis	Fibra de vidro anti-álcalis	Fibra de vidro anti-álcalis	Fios de poliéster revestido com PVC
Forma da malha	Quadrada	Quadrada	Retangular	Losangular
Abertura da malha [mm]	5 x 5	10 x 10	11 x 19	15 x 25
Resistência à tração [MPa]	1000 a 1100	1000 a 1100	1000 a 1100	-
Módulo de elasticidade [GPa]	80	80	80	-
Representação				

(fonte: elaborada pelo autor)

3.2.3 Produção das argamassas

As argamassas foram misturadas em betoneira de eixo vertical com capacidade de 200 litros, sendo que a mesma foi imprimada com a própria argamassa. Colocou-se parte da argamassa industrializada e parte da água para iniciar a mistura e umidificar a argamassa, a seguir colocou-se o resto da argamassa e durante a mistura foi-se adicionando água (dentro do limite máximo do fabricante, que para argamassa 1 era de 2,8 a 3,0l de água por saco de 20kg e para argamassa 2 era de 4,9 a 5,1l de água por saco de 25kg) até chegar à consistência estabelecida inicialmente.

Figura 16: Mistura da argamassa na betoneira de eixo vertical: (a) adição de argamassa; (b) mistura na betoneira



(a)



(b)

(fonte: elaborada pelo autor)

A quantidade de água utilizada na argamassa foi a indicada pelo fabricante. A Tabela 4 mostra a quantidade de água adicionada em cada argamassa e o índice de consistência das mesmas, que foi estabelecido em 250 ± 20 mm, bem como a densidade de massa no estado fresco da argamassa de acordo com a NBR 13278 (ABNT, 2005). Os valores de

consistência que não ficaram dentro do limite estabelecido foram aceitos, pois ficaram próximos aos limites, não comprometendo a moldagem dos corpos de prova.

Tabela 4: Quantidade de água, densidade de massa e consistência das argamassas

Argamassa	Betonada	Consistência(mm)	Densidade de Massa [kg/m ³]	Nº sacos	Massa de Água [kg/saco]	Água/materiais secos [kg/kg]
Argamassa 1	Betonada 1	231	1369,10	4 x 20kg	2,9	0,145
	Betonada 2	224	1552,69	3 x 20kg	2,9	0,145
Argamassa 2	Betonada 1	271	1797,94	3 x 25kg	4,1	0,164
	Betonada 2	277	1755,17	3 x 25kg	4,1	0,164

(fonte: elaborada pelo autor)

3.2.4 Moldagem dos corpos de prova

Para a moldagem de todos os corpos de prova houve a necessidade da realização de duas betonadas para cada argamassa. Foram moldados dez corpos de prova para cada tipo de tela, variando as duas argamassas, resultando 50 corpos de prova por argamassa, totalizando 100 corpos de prova. Desta forma, a moldagem se deu conforme tabela 5, para melhor distribuição dos corpos de prova por tipo de argamassa:

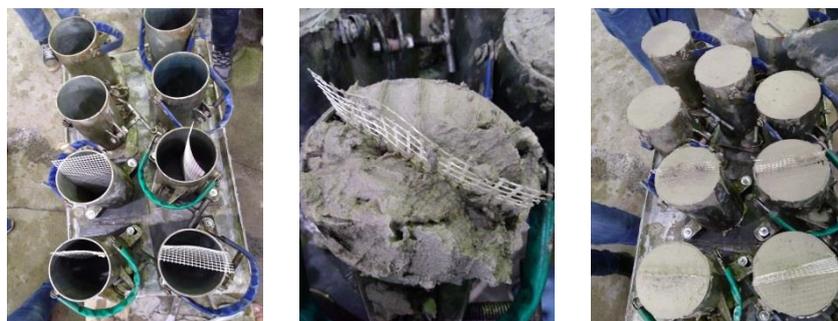
Tabela 5: Distribuição de corpos de prova por betonada para cada argamassa.

Argamassa		Tela 1	Tela 2	Tela 3	Tela 4	Sem tela	Total
Argamassa 1	Betonada 1	5	5	5	5	5	50
	Betonada 2	5	5	5	5	5	
Argamassa 2	Betonada 1	5	5	5	5	5	50
	Betonada 2	5	5	5	5	5	
Total		20	20	20	20	20	100

(fonte: elaborada pelo autor)

Foram moldados corpos de prova prismáticos de 4x4x16cm para caracterização das argamassas no estado endurecido, e corpos de prova cilíndricos com 10x20cm para a avaliação da tela. O adensamento foi mantido fixo para todos os corpos de prova, com o preenchimento de argamassa em duas camadas e adensamento em mesa vibratória durante 15 segundos por camada. As telas foram seguradas e tracionadas com a mão durante o adensamento a fim de promover a centralização das mesmas.

Figura 17: Moldagem dos corpos de prova para avaliação das telas: (a) Molde cilíndrico com as telas posicionadas; (b) Molde cilíndrico com argamassa; (c) Molde cilíndrico com argamassa e tela.



(a)

(b)

(c)

(fonte: elaborada pelo autor)

3.2.5 Confeção das formas

Para moldagem dos corpos de prova sem tela, foram utilizadas as formas metálicas padrão 10x20cm, que são usadas para controle de resistência de concreto. Já para moldagem dos corpos de prova com tela, foram utilizadas as mesmas formas metálicas, porém foi desenvolvida uma base de compensado tipo naval, que serviu como gabarito para a tela ficar posicionada no centro da seção transversal, conforme mostra a figura 18. As bases foram confeccionadas no tamanho de 15cm x 15cm, fazendo furos que quando justaposto à base metálica, coincidissem com os já existentes. Inicialmente riscou-se com lápis a circunferência do cilindro na madeira e após se fez o corte com serra tico-tico para passagem da tela. Este gabarito de madeira foi configurado desta forma porque as telas ensaiadas são mais maleáveis e é necessário garantir sua verticalidade.

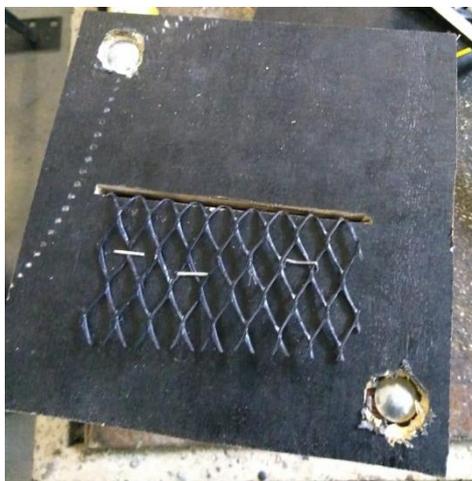
Figura 18: Exemplo de gabarito de madeira para posicionamento da tela no corpo de prova evidenciando o corte para passagem da tela



(fonte: elaborada pelo autor)

Após confeccionadas as bases de madeira, foi montado o cilindro metálico sobre a base, e a tela foi posicionada e grampeada no fundo da base para fixação da mesma, como indicado na figura 19.

Figura 19: Fixação da tela e montagem da forma (vista inferior da base).



(fonte: elaborada pelo autor)

As formas foram montadas e as telas posicionadas no centro do cilindro. Durante a moldagem, as formas foram preenchidas com argamassa em duas camadas, e no adensamento da argamassa, para manter a tela na posição, a mesma foi segurada pela parte superior, de acordo com a figura 20. Dessa maneira o adensamento foi realizado utilizando uma mesa vibratória, como mostra a figura 21, durante 15 segundos por camada.

Figura 20: Posicionamento da tela dentro do molde cilíndrico.



(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 21: Telas já colocadas no interior do corpo de prova, antes do posicionamento final e preenchimento.



(fonte: elaborada pelo autor)

3.2.6 Cura dos corpos de prova

Após a moldagem, os corpos de prova permaneceram em ambiente de laboratório cobertos com uma lona, para evitar a perda de água para o meio, por um período de 24 horas. Depois deste período foi realizada a desmoldagem e os corpos de prova foram submetidos à cura em câmara climatizada por 28 dias após a moldagem, com temperatura e umidade controladas de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $60\pm 5\%$, respectivamente.

3.3 Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

Para avaliar a interação e o desempenho da argamassa reforçada com tela optou-se por aplicar o ensaio conhecido como “*Brazilian test*”, baseado na NBR 7222 (ABNT, 2011) que apresenta a determinação da resistência à tração aplicando compressão diametral em corpos de prova cilíndricos de argamassa e concreto. Foi utilizada uma variação do ensaio aplicado por ANTUNES (2016), colocando a tela no centro da seção cilíndrica, diferente do que foi utilizado por GOMES et al. (2007), onde a tela foi posicionada no perímetro do corpo de prova, como mostra a figura 22.

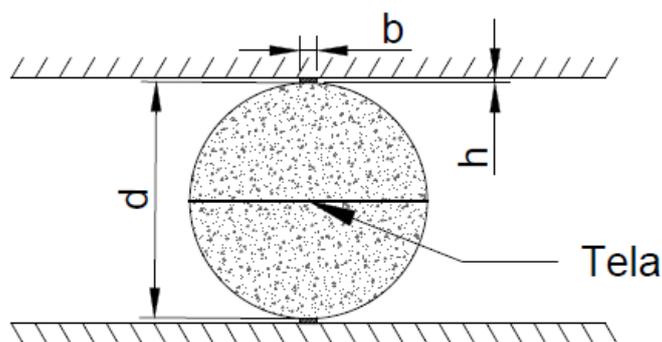
Figura 22: Moldes cilíndricos para ensaio de resistência à tração por compressão diametral utilizados por: (a) Antunes, 2016; (b) Gomes et al., 2007



(fonte: (a) ANTUNES, 2016; (b) GOMES et al., 2007)

As telas foram posicionadas transversalmente à seção do cilindro, pois com a aplicação da carga de compressão na vertical, a sollicitação de tração, que ocorre na horizontal, seja direcionada ao conjunto argamassa/tela, conforme a figura 23. As telas de malha retangular e losangular (telas 3 e 4) foram posicionadas de maneira que tivessem o maior número de fios, portanto maior rigidez, ao longo do diâmetro na direção do esforço de tração.

Figura 23: Representação esquemática do ensaio de resistência à tração por compressão diametral (baseado na norma NBR 7222, 2011)



(fonte: elaborada pelo autor)

Os resultados de resistência à tração por compressão diametral foram obtidos conforme a equação 1 onde foram calculados para todos os corpos de prova avaliados.

$$f_{ct, sp} = \frac{2F}{\pi dl}$$

Equação 1

Onde:

$f_{ct,sp}$ = resistência à tração por compressão diametral, em MPa;

F = força máxima aplicada, em N;

d = diâmetro do corpo e prova, em mm;

l = comprimento do corpo, em mm.

Os corpos de prova foram ensaiados na prensa e a ruptura aconteceu da maneira esperada, onde a fissura se formou paralelamente ao esforço, na vertical, gerando tração no conjunto argamassa/tela conforme a figura 24.

Figura 24: Exemplo de ruptura dos corpos de prova cilíndricos com tela



(fonte: elaborada pelo autor)

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados referentes aos ensaios de caracterização das argamassas, bem como do ensaio de resistência à tração por compressão diametral proposto para análise de desempenho do conjunto tela e argamassa.

Vale ressaltar que durante a moldagem da argamassa 1, betonada 1, houve um problema na mesa de consistência, onde a argamassa ficou mais tempo para ser moldada, o que acabou refletindo nos resultados obtidos. Diante disso, essa betonada foi descartada das análises, a fim de evitar influência dos resultados. Logo, para argamassa 1 apenas a betonada 2 foi considerada, já para argamassa 2 foram consideradas as duas betonadas produzidas para a análise dos resultados.

4.1 Caracterização das argamassas

Para caracterização das argamassas foram avaliadas características de resistência à tração e resistência à compressão, módulo de elasticidade dinâmico, densidade de massa no estado endurecido e absorção de água. Tais características são essenciais para que o revestimento tenha desempenho adequado diante das diversas solicitações discutidas ao longo do trabalho e também foram classificadas conforme NBR 13281 (ABNT, 2005).

4.1.1 Densidade de massa no estado endurecido

De acordo com a NBR 13280 (ABNT, 2005) o ensaio de densidade de massa no estado endurecido foi realizado para as duas argamassas em análise, onde os resultados estão indicados na tabela 6.

Tabela 6: Densidade de massa no estado endurecido

Argamassa	Densidade de Massa [kg/m ³]	Classe	Desvio Padrão [kg/m ³]	Coefficiente de variação [%]
Argamassa 1	1411,13	M3;M4	9,28	0,66
Argamassa 2	1599,50	M4	26,71	1,67

(fonte: elaborada pelo autor)

Foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) a partir do software Statistica 7, os valores estão indicados conforme a tabela 7 para a densidade de massa no estado endurecido.

Tabela 7: ANOVA para densidade de massa no estado endurecido

Variável	SQ	GL	SQF	Teste F	p	SIG.
Argamassa	141938	1	141938	274,34	0,000000	Sim
Error	8278	16	517	-	-	-

SQ: Soma quadrática; GL: graus de liberdade (n-1); SQF: média quadrática; Teste F(calc): valor calculado de F; p: nível de significância; Se $p < 5\%$ = efeito significativo

(fonte: elaborada pelo autor)

Conforme os valores obtidos, observa-se que existe significância estatística para a densidade de massa. Onde a argamassa 2 supera em 13,35% a argamassa 1, o que provavelmente significa que a argamassa 1 tem um maior número de vazios.

4.1.2 Resistência à tração na flexão

A realização do ensaio de resistência à tração na flexão das argamassas ocorreu conforme NBR 13279 (ABNT, 2005), onde foram rompidos corpos de prova 4x4x16cm de cada argamassa. Os seguintes resultados médios de resistência à tração na flexão estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8: Resistência à tração na flexão das argamassas

Argamassa	Resistência à Tração na flexão média [MPa]	Classe	Desvio Padrão [MPa]	Coefficiente de variação [%]
Argamassa 1	0,61	R1	0,31	50,49
Argamassa 2	1,40	R2	0,23	16,60

(fonte: elaborada pelo autor)

Para a Análise de Variância (ANOVA), conforme a tabela 9 verificou-se significância estatística entre as duas argamassas para a resistência à tração na flexão.

Tabela 9: ANOVA para resistência à tração na flexão

Variável	SQ	GL	SQF	Teste F	p	SIG.
Argamassa	1,78052	1	1,78052	18,7445	0,000693	Sim
Error	1,32985	14	0,09499			

SQ: Soma quadrática; GL: graus de liberdade (n-1); SQF: média quadrática; Teste F(calc): valor calculado de F; p: nível de significância; Se $p < 5\%$ = efeito significativo

(fonte: elaborada pelo autor)

Nota-se que a resistência à tração na flexão da argamassa 2 é superior em 2,29 vezes a argamassa 1, além disso, a argamassa 1 apresentou um alto coeficiente de variação. Tal fato está de acordo com o resultado obtido para densidade de massa onde a argamassa 1, menos densa, mostrou-se também com menor resistência.

4.1.3 Resistência à compressão

Conforme NBR 13279 (ABNT, 2005), foram utilizadas as metades dos corpos de prova obtidos após o ensaio de resistência à tração na flexão. A tabela 10 apresenta os valores médios de resistência à compressão obtidos.

Tabela 10: Resistência à compressão das argamassas em análise

Argamassa	Resistência à Compressão Média [MPa]	Classe	Desvio Padrão [MPa]	Coefficiente de variação [%]
Argamassa 1	2,65	P2;P3	0,25	9,28
Argamassa 2	2,98	P3	0,69	23,31

(fonte: elaborada pelo autor)

Realizando a Análise de Variância (ANOVA), conforme a tabela 11 verificou-se que não houve significância estatística entre as duas argamassas para a resistência à compressão.

Tabela 11: ANOVA para resistência compressão

Variável	SQ	GL	SQF	Teste F	p	SIG.
Argamassa	0,8341	1	0,8341	2,4172	0,129272	Não
Error	11,7321	34	0,3451			

SQ: Soma quadrática; GL: graus de liberdade (n-1); SQF: média quadrática; Teste F(calc): valor calculado de F; p: nível de significância; Se $p < 5\%$ = efeito significativo

(fonte: elaborada pelo autor)

Assim como na resistência à tração na flexão, a argamassa 2 foi superior, em 12,17%, a argamassa 1 para a resistência à compressão. Porém, conforme indicado na análise de variância, não se pode afirmar que elas são diferentes entre si para essa característica, provavelmente por causa da variação nos resultados obtidos.

4.1.4 Módulo de elasticidade dinâmico

O módulo de elasticidade dinâmico das argamassas foi obtido através de ensaio de propagação de ondas ultrassônicas conforme NBR 15630 (ABNT, 2009), onde foram ensaiados os corpos de prova 4x4x16cm para cada tipo de argamassa, através de dispositivo para manter o paralelismo entre os dispositivos de propagação, conforme mostrou a tabela 2 anteriormente. Os valores do módulo estão apresentados na tabela 12 para as argamassas 1 e 2.

Tabela 12: Módulo de elasticidade dinâmico

Argamassa	Módulo de Elasticidade [MPa]	Desvio Padrão [MPa]	Coefficiente de variação [%]
Argamassa 1	6706,52	340,01	5,07
Argamassa 2	7582,84	658,90	8,69

(fonte: elaborada pelo autor)

Realizando a Análise de Variância (ANOVA), conforme a tabela 13 verificou-se significância estatística entre as duas argamassas para o módulo de elasticidade.

Tabela 13: ANOVA para módulo de elasticidade

Variável	SQ	GL	SQF	Teste F	p	SIG.
Argamassa	3071756	1	3071756	9,180	0,007967	Sim
Error	5353749	16	334609			

SQ: Soma quadrática; GL: graus de liberdade (n-1); SQF: média quadrática; Teste F(calc): valor calculado de F; p: nível de significância; Se $p < 5\%$ = efeito significativo

(fonte: elaborada pelo autor)

O resultado do módulo de elasticidade obtido para argamassa 2 é superior em 13,07% ao da argamassa 1. Tal comportamento pode ser teoricamente esperado, visto que a argamassa 2 apresentou maior resistência e maior densidade, o que está ligado à sua rigidez, obtendo maior módulo de elasticidade em relação à argamassa 1.

4.1.5 Absorção de água

A absorção de água foi observada através de capilaridade, medindo-se a massa de água absorvida na área da seção transversal em dois tempos distintos. Além disso, também foi calculado o coeficiente de capilaridade, que é igual ao coeficiente angular da reta que passa pelos pontos representativos das determinações realizadas aos 10 min e aos 90 min, para complementar a análise.

4.1.5.1 Absorção de água por capilaridade

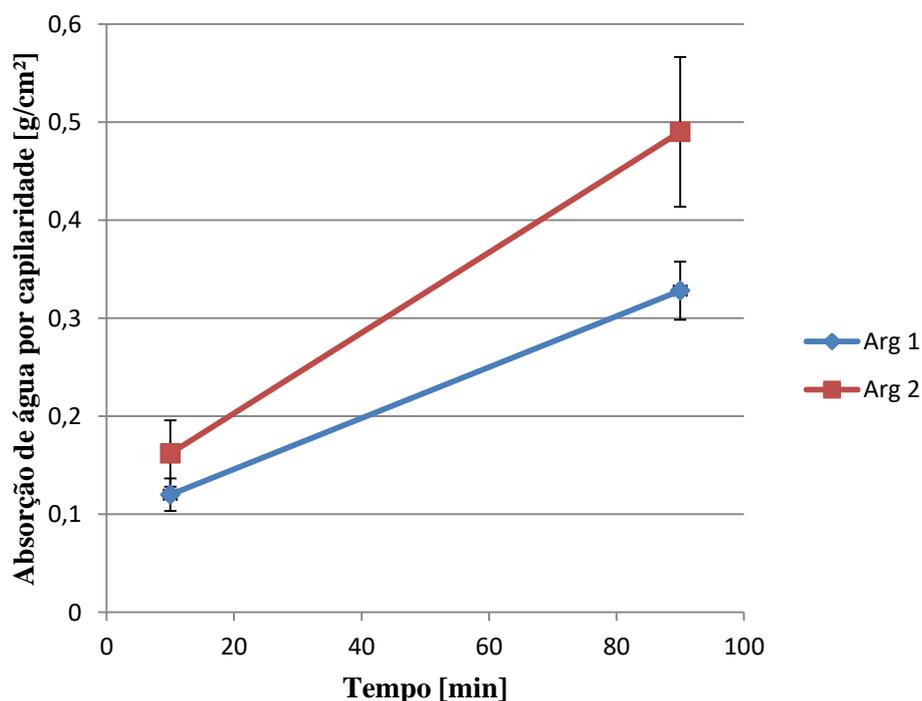
O ensaio de absorção por capilaridade foi realizado conforme NBR 15259 (ABNT, 2005) para 3 corpos de prova de cada argamassa. Foram obtidos valores de absorção à 10 e à 90 minutos a partir do contato com água, a tabela 14 apresenta os resultados de absorção por capilaridade para as argamassas 1 e 2, visualizados na figura 25.

Tabela 14: Absorção de água por capilaridade

Argamassa	Absorção de água à 10 minutos [g/cm ²]	Desvio Padrão [g/cm ²]	Coefficiente de variação [%]	Absorção de água à 90 minutos [g/cm ²]	Desvio Padrão [g/cm ²]	Coefficiente de variação [%]
Argamassa 1	0,120	0,017	13,81	0,328	0,029	8,99
Argamassa 2	0,162	0,034	20,92	0,490	0,076	15,56

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 25: Absorção de água por capilaridade



(fonte: elaborada pelo autor)

Diante dos resultados de absorção de água por capilaridade pode-se notar que a argamassa 2 obteve um maior valor de absorção, que segundo Silva (2006), pode ser explicado pela presença de cal na mesma, fazendo com que, provavelmente, ocorra a diminuição do raio dos capilares pelo aumento do teor de material fino e, conseqüentemente, o aumento da absorção de água por capilaridade, devido a interconexão dos capilares.

4.1.5.2 Coeficiente de capilaridade

Os valores do coeficiente de capilaridade foram calculados conforme a NBR 15259 (ABNT, 2005) e estão apresentados na tabela 15.

Tabela 15: Coeficiente de capilaridade

Argamassa	Coeficiente de capilaridade [g/cm ² .min ^{1/2}]	Classe	Desvio Padrão [g/cm ² .min ^{1/2}]	Coeficiente de variação [%]
Arg 1	0,207	C3	0,014	6,63%
Arg 2	0,328	C3;C4	0,046	14,13%

(fonte: elaborada pelo autor)

Para a Análise de Variância (ANOVA), conforme a tabela 16 verificou-se significância estatística entre as duas argamassas para o coeficiente de capilaridade.

Tabela 16: ANOVA para coeficiente de capilaridade

Variável	SQ	GL	SQF	Teste F	p	SIG.
Argamassa	0,029214	1	0,029214	18,3481	0,003640	Sim
Error	0,011145	7	0,001592			

SQ: Soma quadrática; GL: graus de liberdade (n-1); SQF: média quadrática; Teste F(calc): valor calculado de F; p: nível de significância; Se $p < 5\%$ = efeito significativo

(fonte: elaborada pelo autor)

Observa-se que o coeficiente de capilaridade foi maior em 58,45% para a argamassa 2, evidenciando que a mesma teve maior absorção de água por capilaridade durante os 90 minutos.

4.1.6 Resumo da caracterização das argamassas

Diante das características apresentadas foi possível avaliar que a argamassa 1 apresentou menores valores de resistência e módulo de elasticidade, sendo uma argamassa mais deformável e mais plástica. Já a argamassa 2 mostrou-se mais resistente e rígida, onde seus valores de resistência, módulo de elasticidade e densidade se mostraram maiores em relação a argamassa 1. A tabela 17 traz um resumo das características das argamassas utilizadas.

Tabela 17: Resumo das propriedades das argamassas

Característica	Argamassa 1	Argamassa 2
Densidade de massa	Menor	Maior
Resistência à tração na flexão	Menor	Maior
Resistência à compressão	=	=
Módulo de elasticidade	Menor	Maior
Absorção por capilaridade	Menor	Maior

(fonte: elaborada pelo autor)

4.2 Análise do conjunto argamassa/tela

Para análise do conjunto argamassa/tela foi utilizada uma adaptação do ensaio de resistência à tração por compressão diametral, conforme a NBR 7222 (ABNT, 2011), incorporando a tela ao centro do diâmetro do corpo de prova. A ruptura aconteceu de maneira que a tela estivesse posicionada de forma perpendicular ao esforço de compressão para contribuir na resistência à tração gerada no outro sentido, conforme já representado anteriormente na figura 22.

Os valores médios de resistência à tração por compressão diametral estão apresentados na tabela 18 para as argamassas 1 e 2.

Tabela 18: Resistência à tração por compressão diametral do conjunto argamassa/tela

Tipo	Argamassa 1			Argamassa 2		
	Média [MPa]	Desvio Padrão [MPa]	Coefficiente de Variação [%]	Média [MPa]	Desvio Padrão [MPa]	Coefficiente de Variação [%]
Tela 1 (5x5)	0,527	0,064	12,08	0,432	0,057	13,28
Tela 2 (10x10)	0,461	0,068	14,84	0,390	0,027	7,04
Tela 3 (11x19)	0,482	0,034	7,03	0,398	0,036	8,98
Tela 4 (PVC)	0,508	0,053	10,38	0,393	0,048	12,17
Sem Tela	0,507	0,080	15,70	0,361	0,055	15,22

(fonte: elaborada pelo autor)

Para a análise da significância das variáveis controláveis foi realizada Análise de Variância (ANOVA) com fatorial cruzada a partir do software Statistica 7. Os resultados são apresentados na Tabela 19.

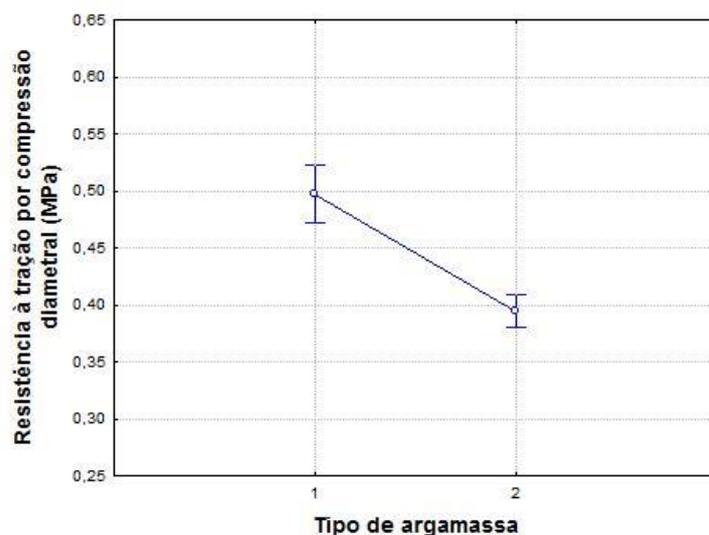
Tabela 19: Análise de variância para ensaio de tração por compressão diametral

Variável	SQ	GL	SQF	Teste F	p	SIG.
Tipo de argamassa	0,17235	1	0,17235	65,4720	0,000000	Sim
Tipo de tela	0,02261	4	0,00565	2,147000	0,085144	Não
Tipo de argamassa*Tipo de tela	0,01152	4	0,00288	1,094	0,366973	Não
Error	0,16848	64	0,00263			

SQ: Soma quadrática; GL: graus de liberdade (n-1); SQF: média quadrática; Teste F(calc): valor calculado de F; p: nível de significância; Se $p < 5\%$ = efeito significativo
(fonte: elaborada pelo autor)

Foram comparados os resultados das duas argamassas, considerando o valor médio de todas as telas utilizadas e a referência, sem tela, para avaliar a influência do tipo de argamassa na resistência à tração por compressão diametral, conforme a figura 26.

Figura 26: Resistência à tração por compressão diametral para as argamassas

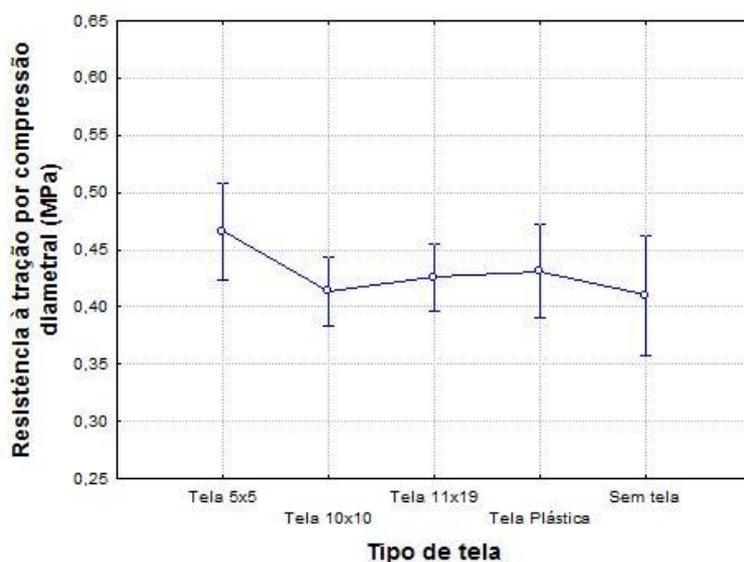


(fonte: elaborada pelo autor)

De acordo com os valores apresentados foi possível visualizar que para a variável “Tipo de argamassa” se obteve significância quanto à resistência à tração por compressão diametral, onde a argamassa 1 apresentou uma média de resistência superior em 25,8% em relação a argamassa 2. Tal resultado pode ser explicado porque a argamassa 1 obteve menor módulo de elasticidade, fazendo com que o conjunto argamassa tela trabalhe de maneira monolítica, melhorando a transmissão de esforços para as telas e compatibilizando as deformações no sistema. Já a argamassa 2, por apresentar maior rigidez, acaba concentrando os esforços para si, fazendo com que as fissuras ocorram de maneira mais rápida.

Após, utilizando a análise de variância (ANOVA), foram comparados os resultados das telas, considerando o valor médio entre as argamassas utilizadas, para avaliar a influência do tipo de tela na resistência à tração por compressão diametral, conforme a figura 27.

Figura 27: Resistência à tração por compressão diametral para as telas



(fonte: elaborada pelo autor)

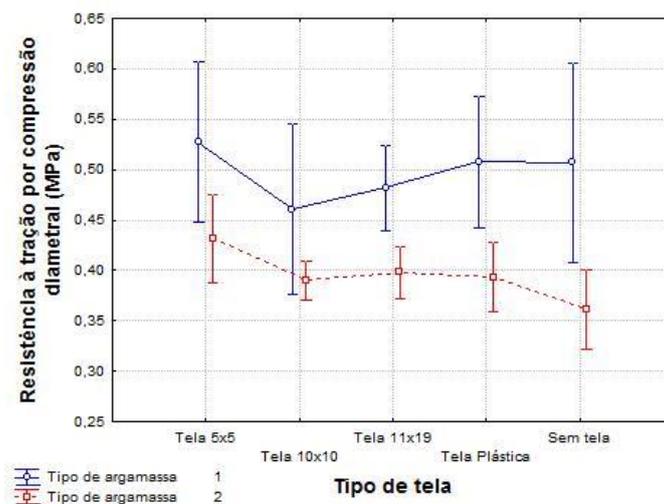
Avaliando os valores obtidos notou-se que a variável “Tipo de tela” não apresentou significância quanto à resistência à tração por compressão diametral. Isso pode se justificar pelo fato da alta variabilidade para todas as telas, onde não houve diferenciação relevante entre as mesmas.

Entretanto, realizando o teste F de Fischer, para a argamassa 1 constatou-se significância estatística quando comparada a Tela 1 de 5x5mm com a Tela 2 de 10x10mm (ambas de fibra de vidro), onde a primeira apresentou um ganho de 14,4% em relação a segunda. Este comportamento pode ser explicado pela abertura da malha, onde a tela de menor abertura apresenta maior capacidade de absorver as microfissuras durante a aplicação da carga, conforme explicado anteriormente baseado em Hanai (1996). Vale ressaltar que abertura da tela 5x5mm, provavelmente não parece tão estreita a ponto de prejudicar a aderência com a argamassa, em virtude de seu desempenho mais elevado no ensaio.

Já para argamassa 2 houve significância estatística quando comparada a Tela 1 de 5x5mm com a referência sem tela, onde o aumento de resistência à tração por compressão diametral foi de 19,5% . O resultado positivo se deve ao fato da tela absorver os esforços de tração gerados pelo carregamento, aumentando a resistência à tração por compressão diametral.

Por último, também com a análise de variância (ANOVA), foram comparados os resultados das telas e argamassas ao mesmo tempo, conforme figura 28.

Figura 28: Resistência à tração por compressão diametral para telas e argamassas

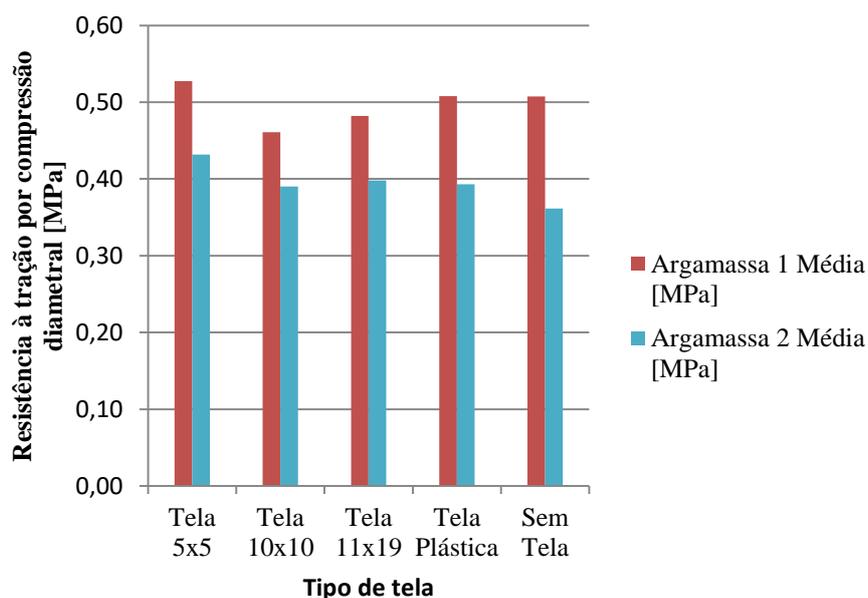


(fonte: elaborada pelo autor)

Avaliando os valores obtidos notou-se que a variável “Tipo de tela x Tipo de argamassa” não apresentou significância quanto à resistência à tração por compressão diametral, provavelmente devido à alta variabilidade do ensaio. Para melhorar a análise, deve-se aumentar o número de corpos de prova.

Por fim, analisando os resultados ressalta-se que os valores obtidos são superiores na argamassa 1 em relação a argamassa 2. Além disso, observando a Figura 29, percebe-se que há um padrão entre cada tipo de tela, sendo que foram obtidos valores de resistência mais altos para a tela de fibra de vidro 5x5mm, mesmo considerando o desvio padrão encontrado.

Figura 29: Resistência à tração por compressão diametral para as telas e argamassas utilizadas



(fonte: elaborada pelo autor)

4.3 Análise de custo das telas

Diante de um cenário altamente competitivo é indispensável a utilização de materiais que apresentem desempenho e preços competitivos, oferecendo um bom custo-benefício aos usuários da construção civil. Para tanto, realizou-se uma pesquisa de mercado, a fim de comparar os valores das telas utilizadas nesse trabalho, conforme apresentado na tabela 20.

Tabela 20: Custo por m² das telas

Tipo	Material	Abertura de Malha [mm]	Custo médio [R\$/m²]
Tela 1	Fibra de Vidro anti-álcalis	5 x 5	10,56
Tela 2	Fibra de Vidro anti-álcalis	10 x 10	8,25
Tela 3	Fibra de Vidro anti-álcalis	11 x 19	12,76
Tela 4	PVC	15 x 25	3,50

(fonte: elaborada pelo autor)

Diante dos valores obtidos, a tela 4 foi a que apresentou o menor custo entre as telas e um desempenho médio entre as demais, podendo trazer custo-benefício em sua utilização. Já a tela 1 apresentou o melhor desempenho entre as telas, contudo possui um valor mais elevado. Entretanto, devido a variabilidade do ensaio, não foi possível avaliar a real contribuição dos diferentes tipos de tela no sistema.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos nos ensaios realizados em laboratório para os materiais estudados, de caracterização das argamassas e do conjunto com a tela, pode-se considerar para essa pesquisa:

- as argamassas 1 e 2 apresentaram características significativamente diferentes do ponto de vista estatístico nos ensaios de densidade de massa no estado endurecido, resistência à tração na flexão, módulo de elasticidade e absorção de água por capilaridade. A argamassa 2 apresentou maiores valores nos resultados de caracterização citados. A exceção foi o ensaio de resistência à compressão para as argamassas, que não apresentou diferença estatística.
- quanto à variável tipo de argamassa houve significância estatística para a resistência à tração por compressão diametral, onde a argamassa 1, com menor módulo de elasticidade, apresentou melhor desempenho para todas as telas em relação a argamassa 2. Tal resultado atendeu o esperado, visto que a argamassa 1 obteve menor módulo de elasticidade, fazendo com que a transmissão de esforços do conjunto argamassa tela seja mais eficiente. Já a argamassa 2, por apresentar maior rigidez, acaba concentrando os esforços para si, fazendo com que as fissuras ocorram de maneira mais rápida e frágil.
- quanto à variável tipo de tela, não se apresentou significância estatística para a resistência à tração por compressão diametral, provavelmente devido ao alto desvio padrão obtido, onde não foi possível avaliar a influência de todos os tipos de telas estudados no desempenho mecânico do conjunto tela/argamassa para resistência à tração por compressão diametral;
- avaliando apenas a argamassa 2, constatou-se uma significância quando comparada a tela de 5x5mm de fibra de vidro, que apresentou um ganho de resistência à tração por compressão diametral de 19,5% em relação a referência sem a utilização de tela;
- avaliando apenas a argamassa 1, constatou-se uma significância quando comparada a tela de 5x5mm com a tela de 10x10mm, ambas de fibra de vidro, onde se obteve um ganho de 14,4% em resistência à tração por compressão diametral;

- Não foi possível realizar uma análise precisa de custo benefício entre as telas, devido a variabilidade e a não significância estatística entre as telas utilizadas.

Durante a realização do trabalho se percebe a necessidade de estender o estudo a diferentes ensaios e análises, para o melhor entendimento da problemática abordada.

Vale ressaltar como possíveis temas para trabalhos futuras os seguintes:

- a) realização de ensaio de resistência à tração na flexão em 4 pontos, incorporando tela a placa de argamassa, utilizando as mesmas telas do presentes na pesquisa;
- b) desenvolver gabarito também na parte superior do corpo de prova para a metodologia utilizada, afim de fixar a tela nas duas extremidades para garantir sua planicidade e posicionamento ao longo do diâmetro do corpo de prova.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. **Manual de Revestimentos de Argamassa**. v. Ativo 279, 2002. Associação Brasileira de Cimento Portland. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/ativos/279/manual-de-revestimentos-de-argamassa.html>>.

ABNT. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro, 2016.

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

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

ABNT. **NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. **NBR 13755: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT. **NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. **NBR 15575: Edifícios Habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT. **NBR 15630: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica**. Rio de Janeiro, 2009.

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

ABNT. **NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2011.

ANTUNES, G. R. **Contribuição para avaliação de desempenho de revestimentos de argamassa reforçados com telas metálicas.** 2016. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS, Porto Alegre, 2016.

BAUER, E. (EDITOR). **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades.** Comunidade ed. Brasília: LEM- UnB; SINDUSCON, 2005.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 5385-1: 2006 - Wall and floor tiling - Part 1: Design and installation of ceramic, natural stone and mosaic wall tiling in normal internal conditions - Code of practice.** London, 2018.

CANDIA, M.C. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1998.

Clube do Concreto, Eng. Ruy Serafim de Teixeira Guerra. Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2016/07/o-que-sao-vergascontravergas-e-cintas.html>, 2016.

DATec n°19, SINAT - Argamassa decorativa “Weber-pral classic SE” para revestimentos monocamada, 2015.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGEC da UFRGS, 2000.

ESQUIVEL, J. F. T. **Avaliação da influência do choque térmico na aderência dos revestimentos de argamassa,** 2009. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

GOMES, A.O. et al. **Utilização de telas em sistemas de revestimentos com argamassa.** XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas - SBTA 2007.

HANAI, J. B. DE. **Argamassa armada - Projeto estrutural e dimensionamento com telas soldadas**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Telas Soldadas - IBTS, 1996.

JUNGINGER, M. et al. **Avaliação da influência de telas de reforço de revestimentos de argamassa no controle da fissuração estrutural**. XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas - SBTA 2017.

MASUERO, A.B. **Notas de aula Edificações II**. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

PANIAGO, D. G. **Análise estrutural de reservatórios enterrados de argamassa armada com telas de aço soldadas**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 1998.

RAMIRES, L. D. **Estudo teórico-experimental de reforço para construções de alvenaria empregando revestimento de argamassa armada**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

RIBEIRO, F.A., BARROS, M.M.S.B., **Juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas**. São Paulo: Pini, 2010.

ROVEDDER, A.C.; POZZOBON, M.A. **Verificação do comportamento de revestimentos de argamassa reforçados com telas através de ensaios de tração**. XI Simpósio brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2015.

RUDUIT, F.R. **Contribuição ao estudo de aderência de revestimentos de argamassa e chapiscos em substrato de concreto**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGEC - UFRGS, 2009.

SEGAT, G.T. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: Estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de caxias do sul (RS)**. Curso de mestrado profissionalizante em engenharia da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

SILVA, A.F. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados. Estudo de caso em edifícios em Florianópolis**. Curso de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

SILVA, N. G. **Argamassas de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** Curitiba, 164 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, 2006.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.** São Paulo: Ipt/epusp/Pini, 194p., 1989.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações.** 1º ed. Porto Alegre: SAGRA, 173p., 1991.

APENDICE A

Resultados do ensaio de tração por compressão diametral.

Argamassa 1 x Betonada 1								
Tipo	CP	Diâmetro [mm]	Comprimento[mm]	Força [N]	fct,sp[Mpa]	fct média/tela [Mpa]	Desvio Padrão [Mpa] pad	Coefficiente de variação[%]
Tela 5x5	11	100,46	202,14	11600	0,3637	0,3563	0,0144	4,03%
	12	100,57	201,26	-2000	-0,0629			
	13	100,57	201,46	11000	0,3456			
	14	100,37	200,75	11800	0,3728			
	15	100,21	201,91	10900	0,3430			
Tela 10x10	21	99,64	201,40	9500	0,3014	0,3305	0,0400	12,10%
	22	100,40	201,92	11000	0,3454			
	23	100,89	203,35	9500	0,2948			
	24	99,81	202,49	10100	0,3181			
	25	100,18	202,17	12500	0,3929			
Tela 11x19	31	100,43	201,36	12000	0,3778	0,3539	0,0299	8,44%
	32	100,47	200,67	10600	0,3347			
	33	99,86	202,52	11800	0,3715			
	34	99,94	200,43	11800	0,3750			
	35	100,12	200,60	9800	0,3106			
Tela Plástica	41	100,08	202,13	10900	0,3430	0,3450	0,0173	5,01%
	42	100,03	202,74	10100	0,3170			
	43	99,81	202,09	11500	0,3630			
	44	99,91	199,88	11100	0,3539			
	45	100,22	200,66	11000	0,3482			
Sem Tela	51	100,26	201,21	9100	0,2872	0,3118	0,0358	11,47%
	52	100,20	200,87	11200	0,3543			
	53	100,05	201,49	9900	0,3127			
	54	99,72	202,13	10700	0,3380			
	55	99,91	200,62	8400	0,2668			

Argamassa 1 x Betonada 2								
Tipo	CP	Diâmetro [mm]	Comprimento[mm]	Força [N]	fct,sp[Mpa]	fct média/tela [Mpa]	Desvio Padrão [Mpa] pad	Coefficiente de variação[%]
Tela 5x5	11	99,91	201,45	18300	0,5789	0,5273	0,0637	12,08%
	12	99,51	201,40	16000	0,5083			
	13	100,58	201,65	18500	0,5807			
	14	100,16	200,47	17100	0,5422			
	15	99,87	201,70	13500	0,4266			
Tela 10x10	21	100,12	201,62	15700	0,4952	0,4608	0,0684	14,84%
	22	100,46	201,19	13000	0,4095			
	23	99,66	201,62	12100	0,3834			
	24	100,19	201,35	14600	0,4607			
	25	100,15	201,52	17600	0,5552			
Tela 11x19	31	100,16	201,57	15000	0,4730	0,4819	0,0339	7,03%
	32	100,05	201,37	15700	0,4961			
	33	100,49	200,45	16800	0,5310			
	34	99,93	201,21	13900	0,4401			
	35	99,57	201,58	14800	0,4694			
Tela Plástica	41	99,87	201,26	17800	0,5638	0,5078	0,0527	10,38%
	42	99,97	202,10	15300	0,4821			
	43	99,78	201,77	17900	0,5660			
	44	99,88	202,33	14700	0,4631			
	45	100,34	201,09	14700	0,4638			
Sem Tela	51	99,73	201,57	14100	0,4466	0,5074	0,0796	15,70%
	52	99,73	200,39	16100	0,5129			
	53	99,80	201,61	17300	0,5474			
	54	54,65	200,85	10600	0,6148			
	55	100,06	200,74	13100	0,4152			

Argamassa 2 x Betonada 1								
Tipo	CP	Diâmetro [mm]	Comprimento[mm]	Força [N]	fct,sp[Mpa]	fct média/tela [Mpa]	Desvio Padrão [Mpa] pad	Coefficiente de variação[%]
Tela 5x5	11	100,30	200,24	15100	0,4786	0,4086	0,0542	13,26%
	12	99,72	202,05	13400	0,4234			
	13	99,96	200,63	-214900	-6,8217			
	14	101,24	201,11	11500	0,3596			
	15	101,27	200,69	11900	0,3728			
Tela 10x10	21	100,40	198,89	13000	0,4145	0,3887	0,0242	6,24%
	22	100,07	201,33	11500	0,3634			
	23	99,91	200,20	12900	0,4106			
	24	100,83	202,45	11700	0,3649			
	25	100,37	201,58	12400	0,3902			
Tela 11x19	31	99,93	201,43	14500	0,4586	0,3865	0,0426	11,02%
	32	100,62	200,76	11700	0,3687			
	33	100,80	201,08	12300	0,3863			
	34	100,59	200,18	11000	0,3478			
	35	100,10	200,48	11700	0,3712			
Tela Plástica	41	100,16	200,66	12300	0,3896	0,3966	0,0188	4,74%
	42	100,27	200,78	12400	0,3921			
	43	100,35	200,95	12000	0,3789			
	44	100,80	200,42	13600	0,4286			
	45	100,68	202,20	12600	0,3940			
Sem Tela	51	100,42	200,85	9700	0,3062	0,3427	0,0735	21,43%
	52	100,16	200,81	11600	0,3672			
	53	100,23	200,86	11500	0,3637			
	54	99,77	200,40	13700	0,4363			
	55	100,07	201,09	7600	0,2405			

Argamassa 2 x Betonada 1								
Tipo	CP	Diâmetro [mm]	Comprimento[mm]	Força [N]	fct,sp[Mpa]	fct média/tela [Mpa]	Desvio Padrão [Mpa] pad	Coefficiente de variação[%]
Tela 5x5	11	99,76	200,37	16100	0,5128	0,4503	0,0584	12,96%
	12	99,94	200,90	15600	0,4947			
	13	100,78	201,09	13300	0,4178			
	14	100,15	199,98	11600	0,3688			
	15	99,96	201,82	14500	0,4576			
Tela 10x10	21	100,20	200,00	13400	0,4257	0,3918	0,0332	8,48%
	22	100,34	199,59	11000	0,3497			
	23	100,22	201,77	13000	0,4093			
	24	99,99	201,38	13000	0,4110			
	25	100,61	200,34	11500	0,3632			
Tela 11x19	31	99,94	201,05	13300	0,4214	0,4099	0,0269	6,56%
	32	100,30	201,18	12800	0,4038			
	33	100,36	201,00	11800	0,3724			
	34	100,75	200,85	12900	0,4059			
	35	101,04	200,60	14200	0,4460			
Tela Plástica	41	100,28	200,78	9400	0,2972	0,3897	0,0690	17,71%
	42	100,10	200,78	13700	0,4340			
	43	100,30	201,30	14700	0,4635			
	44	100,18	202,03	10800	0,3397			
	45	100,51	200,32	13100	0,4142			
Sem Tela	51	100,21	200,71	12800	0,4052	0,3801	0,0233	6,14%
	52	100,65	199,63	12100	0,3834			
	53	99,83	200,51	11000	0,3499			
	54	100,19	201,17	11500	0,3632			
	55	100,77	199,70	12600	0,3986			