

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Augusto Cesar Rovedder

**VERIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE REVESTIMENTOS
ARGAMASSADOS REFORÇADOS COM TELAS
FRENTE A ESFORÇOS DE TRAÇÃO**

Santa Cruz do Sul

2014

Augusto Cesar Rovedder

**VERIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE REVESTIMENTOS
ARGAMASSADOS REFORÇADOS COM TELAS
FRENTE A ESFORÇOS DE TRAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, na área de Materiais de Construção.

Orientador: Prof. Ms. Eng. Marco Antonio Pozzobon

Santa Cruz do Sul
2014

Augusto Cesar Rovedder

**VERIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE REVESTIMENTOS
ARGAMASSADOS REFORÇADOS COM TELAS
FRENTE A ESFORÇOS DE TRAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, na área de Materiais de Construção, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Prof. Ms. Eng. Marco Antonio Pozzobon

Professor Orientador - UNISC

Prof. Ms. Eng. Marcus Daniel Friederich Dos Santos

Professor Examinador - UNISC

Prof. Ms. Eng. José Antonio Rohlfes Junior

Professor Examinador

Santa Cruz do Sul

2014

DEDICATÓRIA

Ao meu avô Alfonso José Rovedder (*in memoriam*), é uma grande referência em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por fortalecer-me diante dos desafios da vida, me mostrando que devemos erguer-se e aprender com eles.

Aos meus pais, Paulo Rovedder e Livane M. P. Rovedder, pelo amor e dedicação destinados a mim.

A minha amada esposa Kátia L. M. Rovedder pelo auxílio e pela compreensão nos momentos de estudo.

Ao Professor Marco Antonio Pozzobon, pela amizade e dedicação na orientação deste trabalho.

Aos laboratoristas e amigos Rafael Fernando Henn, Henrique Eichner e Rodolfo Barbosa de Oliveira pelo auxílio e dedicação na elaboração dos ensaios.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

“Não importa o quanto você bate, mas sim o quanto aguenta apanhar e continuar. O quanto pode suportar e seguir em frente. É assim que se ganha.”

(Silvester Stallone no filme Rocky - o Lutador, lançado em 1976)

FIGURAS

Figura 01 – Diferentes alternativas de revestimento argamassado.....	17
Figura 02 – Exemplo de instalação de balancim.....	25
Figura 03 – Retirada de saliências e limpeza da superfície.....	26
Figura 04 – Correção dos pontos falhos do plano a ser revestido.....	27
Figura 05 – Aplicação de chapisco tradicional, industrial e rolado.....	28
Figura 06 – Mapeamento e posição dos arames ao longo da fachada.....	29
Figura 07 – Execução do taliscamento (externo e interno).....	30
Figura 08 – Execução do emboço após as mestras adquirirem resistência.....	31
Figura 09 – Ponto adequado para sarrafeamento.....	32
Figura 10 – Sarrafeamento executado com régua de alumínio apoiado nas mestras.....	32
Figura 11 – Utilização da tela como reforço do emboço.....	34
Figura 12 – Utilização da tela como ponte de transmissão de tensões.....	34
Figura 13 – Interface estrutura/alvenaria de vedação reforçada com tela metálica.....	35
Figura 14 – Argamassa industrializada, utilizada nos ensaios.....	40
Figura 15 – Data de fabricação e informações do LOTE segundo a NBR 13281:2005, Lote T3-08032014 (Caçapava do Sul).....	41
Figura 16 – Fôrmas para moldagem de CP 4cm x 4cm x 16cm.....	42
Figura 17 – Ensaio de consistência.....	42
Figura 18 – Moldagem dos corpos de prova.....	43
Figura 19 – Ensaio de compressão, lote T3-08032014.....	43
Figura 20 – Ensaio de tração na flexão, lote T3-08032014.....	44
Figura 21 – Ensaio de capilaridade, ascensão da umidade.....	44
Figura 22 – Ensaio de aderência ao arrancamento.....	45
Figura 23 – Chapisco executado nas placas de ensaio.....	46
Figura 24 – Modelo T-Elet, Fachaforte, fabricante Morlan.....	47
Figura 25 – União dos fios componentes do Modelo T-Elet.....	48
Figura 26 – Ensaio de tração, fio retirado do Modelo T-Elet.....	49
Figura 27 – Ensaio de tração, fio liso.....	49
Figura 28 – Modelo T-Hex, Coleira Branca, fabricante Morlan.....	51
Figura 29 – Fios trançados do Modelo T-Hex.....	51
Figura 30 – Colagem de placas de alumínio em fios do Modelo T-Hex e T-FV.....	52

Figura 31 – Ensaio de tração, fio retirado do Modelo T-Hex.....	53
Figura 32 – Gráficos de comparações entre os Modelos T-Elet e T-Hex.....	54
Figura 33 – Modelo T-FV, tela de fibra de vidro e enlace da tela.....	55
Figura 34 – Ensaio de tração, fio componente do Modelo T-FV.....	56
Figura 35 – Gráficos de comparações entre os Modelos T-Elet, T-Hex e T-FV.....	57
Figura 36 – Modelo T-PVC, tela de PVC e união dos nós.....	58
Figura 37 – Ensaio de tração, fio componente do Modelo T-PVC.....	58
Figura 38 – Gráfico de comparação entre área inicial e final do Modelo T-PVC.....	59
Figura 39 – Suporte para fixação das telas.....	60
Figura 40 – Ensaio de tração da tela do Modelo T-Elet.....	60
Figura 41 – Gráficos de comparações entre as direções do Modelo T-Elet.....	62
Figura 42 – Ensaio de tração da tela do Modelo T-Hex, direção vertical.....	63
Figura 43 – Ensaio de tração da tela do Modelo T-Hex, direção horizontal.....	63
Figura 44 – Gráficos de comparações entre as direções do Modelo T-Hex.....	65
Figura 45 – Gráficos de comparações entre os Modelos T-Elet e T-Hex.....	66
Figura 46 – Aplicação da cola Epóxi no Modelo T-FV.....	67
Figura 47 – Ensaio de tração da tela do Modelo T-FV.....	67
Figura 48 – Gráficos de comparações entre os Modelos T-Elet, T-Hex e T-FV.....	68
Figura 49 – Gráficos de comparações entre os Modelos T-Elet, T-Hex e T-FV (deformações).....	69
Figura 50 – Ensaio de tração da tela do Modelo T-PVC, direção vertical.....	69
Figura 51 – Ensaio de tração da tela do Modelo T-PVC, direção horizontal.....	70
Figura 52 – Suporte para fixação das placas na máquina de ensaio.....	72
Figura 53 – Furadeira de bancada e gabarito.....	73
Figura 54 – Dispositivo e procedimento de corte.....	73
Figura 55 – Suporte de fixação das placas.....	74
Figura 56 – Limpeza das placas e aplicação do chapisco.....	75
Figura 57 – Fixação das telas nas placas.....	75
Figura 58 – Telas fixadas nas placas.....	76
Figura 59 – Execução do revestimento.....	77
Figura 60 – Posição das telas como estruturação do revestimento.....	78
Figura 61 – Modelo M-ST, pronto para romper.....	79
Figura 62 – Modelo M-ST, rompidos.....	79
Figura 63 – Corpo de prova pronto para romper – Modelo T-Elet.....	80

Figura 64 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-Elet.....	81
Figura 65 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-Hex.....	82
Figura 66 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-Hex.....	82
Figura 67 – Detalhes dos corpos de prova rompidos – Modelo T-Hex.....	83
Figura 68 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-FV.....	84
Figura 69 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-FV.....	84
Figura 70 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-PVC.....	85
Figura 71 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-PVC.....	86
Figura 72 – Gráficos de comparações entre Modelos posicionados como ponte de transmissão de tensões.....	87
Figura 73 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-Elet.....	88
Figura 74 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-Elet.....	88
Figura 75 – Ruptura no lado posterior da placa revestida.....	89
Figura 76 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-Hex.....	90
Figura 77 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-Hex.....	90
Figura 78 – Corpo de prova rompido – Modelo T-Hex.....	91
Figura 79– No Modelo T-Hex, fios rompidos junto com o revestimento.....	92
Figura 80 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-FV.....	93
Figura 81 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-FV.....	93
Figura 82 – Cisalhamento observado do revestimento pela tela de fibra de vidro...94	
Figura 83 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-PVC.....	95
Figura 84 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-PVC.....	95
Figura 85 – Gráficos de comparações entre Modelos posicionados como estruturação da camada de argamassa.....	97

QUADROS

Quadro 01 – Ensaio de aderência da argamassa.....	46
Quadro 02 – Ensaio de tração, fio componente do Modelo T-Elet.....	48
Quadro 03 – Ensaio de tração, fio liso.....	50
Quadro 04 – Ensaio de tração, fio componente do Modelo T-Hex.....	52
Quadro 05 – Ensaio de tração, fio componente do Modelo T-FV.....	55
Quadro 06 – Ensaio de tração, fio componente do Modelo T-PVC.....	58
Quadro 07 – Ensaio de tração, Modelo T-Elet.....	61
Quadro 08 – Ensaio de tração, Modelo T-Hex.....	64
Quadro 09 – Ensaio de tração, Modelo T-FV.....	67
Quadro 10 – Ensaio de tração, Modelo T-PVC.....	70
Quadro 11 – Ensaio de tração, Modelo M-ST.....	79
Quadro 12 – Ensaio de tração, tela como ponte de transmissão de tensões – Modelo T-Elet.....	81
Quadro 13 – Ensaio de tração, tela como ponte de transmissão de tensões – Modelo T-Hex.....	83
Quadro 14 – Ensaio de tração, tela como ponte de transmissão de tensões – Modelo T-FV.....	85
Quadro 15 – Ensaio de tração, tela como ponte de transmissão de tensões – Modelo T-PVC.....	88
Quadro 16 – Ensaio de tração, tela como estruturação da camada do revestimento – Modelo T-Elet.....	89
Quadro 17 – Ensaio de tração, tela como estruturação da camada do revestimento – Modelo T-Hex.....	91
Quadro 18 – Ensaio de tração, tela como estruturação da camada do revestimento – Modelo T-FV.....	93
Quadro 19 – Ensaio de tração, tela como estruturação da camada do revestimento – Modelo T-PVC.....	96
Quadro 20 – Resultados dos ensaios com a tela posicionada como ponte de transmissão de tensões.....	98
Quadro 21 – Resultados dos ensaios com a tela posicionada como estruturação da camada de argamassa.....	99

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	ÁREA E LIMITAÇÃO DO TEMA.....	13
3.	JUSTIFICATIVA.....	14
4.	OBJETIVOS.....	15
4.1	Geral.....	15
4.2	Específicos.....	15
5.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
5.1	Argamassa.....	16
5.1.1	Materiais constituintes da argamassa.....	19
5.1.1.1	Cimento Portland.....	19
5.1.1.2	Cal.....	21
5.1.1.3	Agregado miúdo (areia).....	21
5.1.1.4	Água.....	22
5.1.1.5	Adições.....	23
5.1.1.6	Aditivos.....	23
5.2	Etapas de execução.....	24
5.3	Utilização da tela para reforçar o revestimento argamassado.....	33
5.4	Manifestações patológicas relacionadas ao revestimento argamassado de fachadas, sem a utilização da tela de reforço.....	35
6.	METODOLOGIA.....	37
7.	CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS E COMPONENTES.....	40
7.1	Argamassa para revestimento.....	40
7.2	Argamassa para chapisco.....	45
7.3	Telas de reforço.....	47
7.3.1	Caracterização dos fios componentes das telas de reforço.....	47
7.3.2	Caracterização das telas de reforço.....	59
8.	TELAS COMO REFORÇO EM REVESTIMENTO ARGAMASSADO.....	72
8.1	Revestimento argamassado moldado sem tela.....	78
8.2	Revestimento argamassado moldado com telas posicionadas como ponte de transmissão de tensões.....	80
8.3	Revestimento argamassado moldado com telas como estruturação camada de argamassa.....	88

9.	CONCLUSÃO.....	100
	REFERÊNCIAS	102
	ANEXO A – Tabelas da ABNT NBR 13281:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.....	105
	ANEXO B – Tabelas com os resultados dos ensaios de tração dos elementos analisados.....	107
	ANEXO C – Projeto de dispositivo de fixação das telas.....	109

1. INTRODUÇÃO

As falhas e a falta de projeto específico para revestimento de fachadas, aliados com antigas técnicas de execução, são os principais fatores causadores do surgimento de manifestações patológicas no revestimento externo de uma edificação (GOMES, NEVES e SOUZA, 2011).

Segundo Bauer (2012), o surgimento dessas manifestações patológicas em fachadas de edifícios acaba danificando o revestimento, ou seja, apresentam deficiência na vedação da água da chuva, isolamento térmica e acústica, fatores que causam danos na estrutura da mesma, além de denegrir a imagem dos profissionais em Engenharia Civil e Arquitetura.

A compatibilização dos sistemas de construção é fundamental para que a qualidade do produto final seja alcançada. Nesse conjunto, o revestimento argamassado aplicado nas paredes externas é o mais vulnerável, sendo nele o surgimento das primeiras manifestações patológicas. A aparição das mesmas pode ser evitada com o auxílio de um projeto específico para revestimento de fachadas, podendo ser recomendado à utilização de tela eletrosoldada com a finalidade de reduzir os efeitos causados pelas tensões de movimentações mecânicas e térmicas que ocorrem no edifício (GOMES, NEVES e SOUZA, 2011).

Gripp (2008) refere que, o melhor conceito de construção com qualidade é a utilização de projetos para o revestimento, tanto na parte de execução quanto na caracterização dos materiais, gerando mais segurança e economia para as construtoras.

A tela eletrosoldada é recomendada pela norma britânica BS 5385:1991 como reforço em revestimentos de fachadas. No Brasil, essa técnica é pouco caracterizada (JUNIOR, 2010).

Pretendendo contribuir para a eficiência do revestimento externo e para a diminuição de manifestações patológicas, serão desenvolvidos testes laboratoriais para a caracterização do uso das telas em revestimento com argamassa nas áreas externas de uma edificação.

2. ÁREA E LIMITAÇÃO DO TEMA

Executado na área de materiais de construção, o seguinte trabalho tem por finalidade caracterizar e comparar determinados modelos de telas de diferentes materiais, quanto a sua resistência mecânica a esforços de tração que podem ser utilizadas em revestimentos externos de fachadas de edifícios, evitando assim determinadas manifestações patológicas.

Os modelos de telas selecionados para a pesquisa são:

- Tela eletrosoldada metálica (T-Elet): malha 25mm x 25mm, composta por fios galvanizados com diâmetro 1,24mm;
- Tela hexagonal (T-Hex): malha 1", composta por fios galvanizados com diâmetro 0,71mm, trançados, conhecida como "passarinheira" ou "tela de galinheiro";
- Tela de fibra de vidro (T-FV): 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 (T-PVC): malha hexagonal irregular, de dimensão 30mm x 30mm, composta por fios de PVC com dimensão retangular 1,63mm x 1,05mm.

3. JUSTIFICATIVA

A grande incidência de manifestações patológicas está fazendo com que as construtoras revisem seus métodos de execução do revestimento argamassado de fachadas.

Segundo Antunes e Masuero (2013), um edifício para sua melhor eficiência depende da contribuição de cada elemento de sua composição, tanto individualmente quanto em conjunto. Sendo, falhas a contribuição por parte de algum elemento, acaba ocorrendo o surgimento de manifestações patológicas. Essas geram deficiências na vedação quanto às águas das chuvas, isolamento térmica e acústica, bem como responsáveis por contribuir para o surgimento de danos na estrutura do prédio em virtude do concreto armado não dispor de uma proteção adequada.

No caso do sistema de revestimento argamassado o principal ingrediente é o cimento, que por sua vez é um material altamente rígido. Devido a esse fato, todas as camadas do revestimento necessitam ter uma característica imprescindível, a capacidade de absorver deformações. Ocorrendo uma incompatibilidade do revestimento com a base, o qual foi aplicado, poderá desencadear pequenas fissuras e trincas no acabamento argamassado, podendo vir a se desprender da alvenaria e estrutura, gerando altos custos e descrédito para a construtora (ANTUNES e MASUERO, 2013).

A partir destes fatos constata-se que o melhor conceito de construção com qualidade é a utilização de projetos para o revestimento, tanto na parte de execução quanto na caracterização dos materiais. Atualmente os manuais de execução indicam a utilização de telas para reforçar pontos propícios ao surgimento de manifestações patológicas no revestimento argamassado de fachadas.

Com o intuito de reduzir as manifestações patológicas sofridas pelo revestimento externo, a prática de colocação de telas na argamassa de revestimento está sendo cada vez mais utilizada. Com a falta de respaldo técnico e a caracterização deste elemento surge o interesse de pesquisa na área (SANTOS, POZZOBON e CIOCCARI, 2012).

4. OBJETIVOS

4.1 Geral

Efetuar através de ensaios laboratoriais aplicações de esforços de tração, aos quais as telas são submetidas quando utilizadas para reforçar o revestimento argamassado em fachadas de edifícios.

4.2 Específicos

- Verificar por meio de ensaio mecânico de tração a resistência do fio componente de cada tipo de tela;
- Verificar por meio de ensaio mecânico de tração a resistência das telas;
- Obter por meio de ensaio mecânico de tração a resistência da tela quando posicionada para servir de ponte de transmissão de tensões, em um modelo similar à situação real;
- Obter por meio de ensaio mecânico de tração a resistência da tela quando posicionada para servir de estruturação da camada de argamassa, em revestimentos com camadas espessas, em um modelo similar à situação real;
- Verificar por meio de ensaio mecânico de tração a resistência do revestimento de argamassa, sem a utilização de tela, a fins de comparação.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Argamassa

Agregado miúdo (areia), água, um ou mais aglomerantes misturados de forma homogênea, podendo ainda conter aditivos e adições minerais, são componentes que constituem a argamassa, possuindo propriedades de aderência e endurecimento (CARASEK, 2010). Conforme Fiorito (2010), a composição da argamassa, frequentemente no canteiro de obras, é dada por areia natural lavada e os aglomerantes como cimento Portland e cal.

As principais utilidades da argamassa na construção civil são o assentamento de blocos de alvenaria, revestimento de paredes e tetos, contrapisos de regularização de pisos, assentamento e rejuntamento de revestimentos cerâmicos e pedras (CARASEK, 2010).

A determinação do tipo de aglomerante é apurada pela destinação ao qual é submetido o uso da argamassa. Argamassa de cimento Portland é muito utilizada em condições que a necessidade de resistência se faz necessária, como o assentamento de alvenaria de alicerce, onde as condições de endurecimento são favoráveis. Quando se faz necessário uma argamassa com maior trabalhabilidade utiliza-se a argamassa mista, que é a mistura dos aglomerantes, cimento e cal. Juntos, além da resistência do cimento, acrescentará as propriedades de plasticidade e elasticidade da cal, facilitando no acabamento final, deixando-a própria para o uso em revestimentos argamassados (FIORITO, 2010).

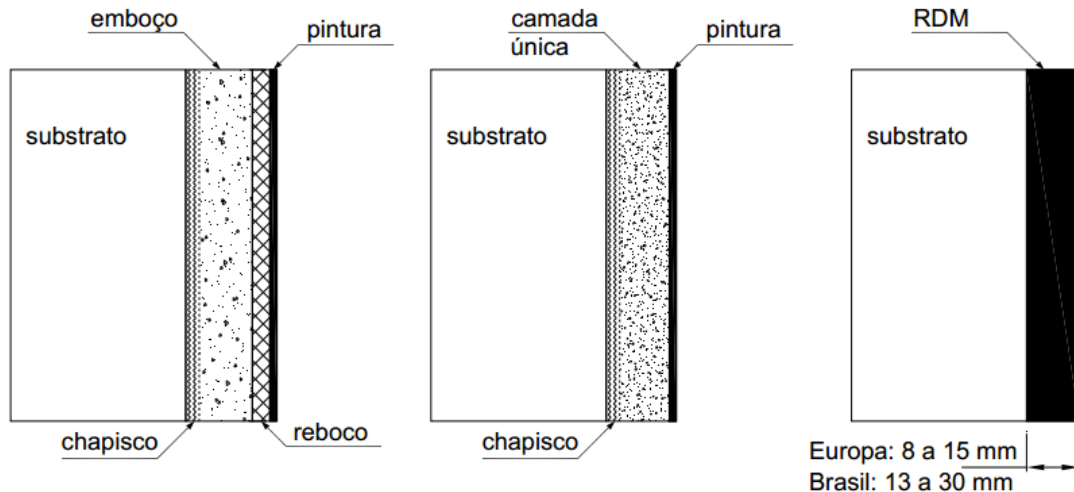
Entende-se como revestimento argamassado a proteção de uma superfície porosa, com uma ou mais camadas superpostas, com a finalidade de receber da melhor forma possível o acabamento final (MANUAL DE REVESTIMENTO, ABCP, 2003). Conforme Costa (2013), o revestimento argamassado é definido como um revestimento multicamadas, responsável por criar um substrato eficiente na proteção da estrutura, seja ela de concreto ou alvenaria, e servir de base para a aplicação do acabamento final (cerâmica, pastilha, pintura, etc.).

Segundo Carasek (2010), utiliza-se argamassa de revestimento como uma camada que virá a receber os acabamentos que em geral são a pintura, revestimentos cerâmicos, laminados, etc. Constitui-se o revestimento argamassado por várias camadas com diferentes funções, definidas em ordem de aplicação: chapisco, emboço e reboco. Utiliza-se também dois tipos de revestimentos de

camada única, que são conhecidos por camada única e/ou “reboco paulista”, e o Revestimento Decorativo Monocamada (RDM).

Conforme a Figura 01, o revestimento argamassado constitui-se de diversas camadas com características e propriedades específicas, adequando-se a necessidade de cada tipo de aplicação (CARASEK, 2010).

Figura 01 – Diferentes alternativas de revestimento argamassado.



Fonte: Materiais de Construção Civil e princípio de ciência e engenharia de materiais. IBRACON. In: CARASEK, Helena. Argamassas. 2010.

Segundo Costa (2013), os tipos de argamassas demonstrados acima são classificados da seguinte maneira:

- Chapisco: argamassa de aderência;
- Emboço: argamassa de regularização;
- Reboco: argamassa de acabamento;
- Camada única: argamassa especial.

Carasek (2010) cita que a argamassa do tipo RDM ou monocapa, recentemente normatizada no Brasil, mas muito utilizado na Europa, é aplicada em camada única e tem as funções de regularizar e decorar simultaneamente, caracterizando-se como argamassa especial.

De modo geral, camadas de diferentes materiais ligados entre si constituem o revestimento. A conexão desses materiais resultará no aparecimento de tensões em todo conjunto a partir que deformações surjam em uma dessas camadas. Essas deformações podem ser causadas, por exemplo, por retração do concreto e das argamassas, dilatação higroscópica dos revestimentos cerâmicos e da própria argamassa ou, ainda, por esforços externos (FIORITO, 2010).

Além de suportar a imposição de tensões causadoras de deformações, atribui-se algumas funções necessárias ao revestimento argamassado, são elas:

- Evitar a degradação precoce da alvenaria e da estrutura protegendo contra agentes agressivos químicos, naturais e a ação do intemperismo, aumentando a durabilidade e reduzindo os custos de manutenção do edifício (GUERRA, 2010);
- Interagir com os sistemas de vedação do edifício elevando a capacidade de isolamento térmica, acústica, estanqueidade, segurança contra o fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais (CARASEK, 2010);
- Servir como base para elementos decorativos regularizando os elementos de vedação, contribuindo para a estética e valorização do edifício (CARASEK, 2010).

Segundo Baía e Sabbatini (2008), imperfeições da base como desaprumo e/ou desalinhamento, causados pela falta de controle no processo executivo, não é a função da argamassa em corrigi-las, escondendo essas imperfeições com a argamassa de revestimento, ocasionando o comprometimento das reais funções da argamassa.

Para satisfazer as funções citadas acima, a argamassa de revestimento deve possuir características e propriedades essenciais e compatíveis às condições as quais será exposta (MANUAL DE REVESTIMENTO, ABCP, 2003).

As principais propriedades são:

- **Trabalhabilidade:** garantia de melhor desempenho em serviço, proporcionando melhor espalhamento (CARASEK, 2010);
- **Aderência:** capacidade do revestimento de resistir às tensões normais e tangenciais atuantes na interface com a base. A aderência desenvolve-se de duas formas possíveis: a pasta aglomerante serve como ancora nos poros da base e/ou a ancoragem ocorre devido às reentrâncias e saliências macroscópicas da superfície a ser revestida (MANUAL DE REVESTIMENTO, ABCP, 2003);
- **Estanqueidade:** proteção da estrutura e paredes de vedação do edifício contra a infiltração de água. A falha deste proporcionará manifestações patológicas como eflorescências, descolamentos e manchas de bolor e mofo (CARASEK, 2010). Logo, no Manual de Revestimento ABCP (2003), em situações de

umidade accidental ou infiltrações, a permeabilidade ao vapor d'água vem a ser favorável para a secagem do revestimento;

- Resistência mecânica: conforme Carasek (2010), a baixa resistência superficial é um dos principais problemas do revestimento, é a pulverulência da argamassa. Este fato faz com que a fixação das camadas do acabamento final fique comprometida. As tensões internas de tração, compressão e cisalhamento causados pelos mais diversos tipos de esforços, devem ser suportados pela resistência mecânica do revestimento (MANUAL DE REVESTIMENTO ABCP, 2003);
- Absorção de deformações: capacidade de absorver deformações do próprio revestimento ou da base sem romper, fissurar e sem desprender-se do substrato (MANUAL DE REVESTIMENTO ABCP, 2003);
- Durabilidade: capacidade de resistir a ataques de agentes agressivos que possam alterar suas características físicas e mecânicas no decorrer do tempo (SANTOS, 2008).

A partir das propriedades específicas do material, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, obtêm-se o desempenho do revestimento argamassado de fachadas. Para avaliação do comportamento do revestimento nas diversas situações de uso, se faz necessário o entendimento das propriedades e dos fatores as quais são impostas (GONZÁLES, 2010).

Segundo Springer Junior (2008), citado por Gonzáles (2010), as funções atribuídas a utilização dos sistemas de revestimento variam muito de edifício para edifício, dependendo em grande parte da concepção da edificação, fachadas, paredes e sistemas de revestimentos.

5.1.1 Materiais constituintes da argamassa

5.1.1.1 Cimento Portland

O Manual de Revestimento da ABCP (2003) denomina que, o cimento Portland é conhecido por aglomerante hidráulico pela reação de seus constituintes com a água. Essas propriedades aglomerantes misturadas à água endurecem e criam resistência apropriada para o uso na construção civil e, depois de endurecido, não se desestrutura ao ser novamente misturado com a água (GUIA BÁSICO DE UTILIZAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND, ABCP, 2002).

Segundo Botas (2009), citado por Leal (2012), caracteriza-se o cimento como um material inorgânico finamente triturado, que misturado com a água forma uma pasta, devido a reações de hidratação, fez-se a cura, endurece, mantendo sua resistência e estabilidade, tanto ao ar como na água.

Segundo Martins (2010), citado por Leal (2012), sendo o cimento o ligante hidráulico mais utilizado na mistura da argamassa, apresenta melhor resistência mecânica se comparado com a cal, menor sensibilidade ao intemperismo e menor tempo de cura, gerando otimização e rendimento da mão de obra.

O cimento Portland é constituído por clíquer, tendo como matéria-prima à argila e o calcário, que são seus principais componentes, e de adições que variam de um tipo de cimento para o outro (GUIA BÁSICO DE UTILIZAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND, ABCP, 2002).

Na construção civil o cimento Portland possui inúmeras utilizações, podem-se preparar pastas, argamassas, concreto, grautes e outros compósitos utilizados na confecção de artefatos construtivos como blocos, telhas, tubos, pavimentos, postes, mourões para cercas, vasos, guias, etc. Também, se utiliza na fabricação de elementos pré-fabricados como vigas, pilares, lajes, painéis, estacas e entre vários tipos de estruturas fabricados em loco (BATTAGIN, 2010).

Segundo Battagin (2010), no Brasil a referência de cimento Portland é o CP I (Cimento Portland Comum), por suas características e propriedades específicas. Entretanto, tal cimento não tem mais processo de fabricação realizado no país, sendo somente os demais tipos de cimentos Portland disponíveis no mercado brasileiro, são eles:

- Cimento Portland Composto (CP II);
 - a) CP II-E - Cimento Portland Composto com Escória
 - b) CP II-Z - Cimento Portland Composto com Pozolana
 - c) CP II-F - Cimento Portland Composto com Fíler
- Cimento Portland de Alto-Forno (CP III);
- Cimento Portland Pozolânico (CP IV);
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI);
- Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS);
- Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC);
- Cimento Portland Branco (CPB).

5.1.1.2 Cal

Produzido a partir de rochas carbonáticas, composto basicamente de cálcio e de magnésio, que se apresentam na forma de um pó fino, a cal é um ligante inorgânico. Seu endurecimento ocorre por reação com o CO₂. Existem dois tipos de cales normalizados, porém a ainda o uso de uma cal denominada hidráulica que esta em processo de normalização:

- Cal virgem: formada predominantemente por óxidos de cálcio e magnésio;
- Cal hidratada: formada por hidróxidos de cálcio e de magnésio e uma pequena fração de óxidos não hidratados. É de uso mais comum na construção civil. (CINCOTTO; QUARCIONI; JOHN. 2010);
- Cal hidráulica: formada por misturas dos cales hidratadas com compostos pozolânicos naturais ou artificiais, principalmente resíduo da geração de energia térmica (cinzas provenientes da queima do carvão mineral), ainda não há normalização específica no Brasil, mas há grande comércio desse produto no estado do Rio Grande do Sul.

Decorrente da finura da cal ocorre muita retenção de água em uma argamassa mista de cal hidratada e cimento Portland. Devido a essa retenção, a cal colabora para uma melhor hidratação do cimento e uma significativa melhora na trabalhabilidade e capacidade de absorção de deformações da argamassa (MANUAL DE REVESTIMENTO ABCP, 2003).

5.1.1.3 Agregado miúdo (areia)

Leitos de rios, depósitos eólicos, bancos e cavas são fontes naturais de agregado miúdo (areia) ou, ainda, pode se originar de processos artificiais como a britagem. A extração desse material de fontes naturais ocorre na maioria dos casos por intermédio de dragas, processos de escavações e bombeamento, após o material é submetido a processos de lavagem e classificação, antes de ser comercializado (HAGEMANN, 2011). Segundo Bauer (2000), citado por Santos (2008), a areia é descrita com atividade química praticamente nula, incoesivo, material particulado e constituído da mistura de partículas que cobrem extensa gama de tamanhos.

Conforme citado por Hagemann (2011), os agregados miúdos empregados na elaboração de traços de argamassas possuíam uma classificação de tamanho dos grãos em faixas granulométricas, que eram:

- Areia Fina: de 0,075 a 0,42mm;
- Areia Média: de 0,42 a 1,20mm;
- Areia Grossa: de 1,20 a 2,40mm.

Outra distribuição de tamanho de grãos é apresentada para as três faixas granulométrica da areia, segundo Bauer (2008):

- Areia Fina: de 0,15 a 0,60mm;
- Areia Média: de 0,60 a 2,40mm;
- Areia Grossa: de 2,40 a 4,80mm.

Sendo a areia amplamente utilizada na construção civil, a curva granulométrica necessita ser o mais contínua possível, no caso de apresentar alguma deficiência poderá influenciar na aparição de manifestações patológicas, principalmente na argamassa utilizada para o revestimento (MANUAL DE REVESTIMENTO ABCP, 2003).

5.1.1.4 Água

Na ocorrência das reações entre os diversos componentes da argamassa, sobretudo o cimento Portland, a água é o material que confere a continuidade da mistura. Deve-se proteger e armazenar em caixas estanques, a fim de evitar contaminações por substâncias estranhas a água, sendo utilizado posteriormente no amassamento da argamassa (MANUAL DE REVESTIMENTO ABCP, 2003) e (SANTOS, 2008).

Considera-se a água potável apta para o uso em amassamento de argamassa, mas em caso de dúvida sobre sua eficácia, recomenda-se a análise em laboratório. Segundo a ABNT NBR 15900-1:2009, citado por Santos (2008), evidencia-se a água potável aquela que apresenta os seguintes valores de:

- pH entre 6,0 e 8,0;
- Matéria orgânica (em oxigênio consumido) = 5mg/l;
- Resíduos sólidos = 4000mg/l;
- Sulfatos (em íons SO_4^{2-}) = 300mg/l;
- Cloretos (em íons Cl^-) = 250mg/l;
- Açúcar = ausente.

5.1.1.5 Adições

A possibilidade de alterar determinadas propriedades da argamassa, no estado fresco e/ou endurecido, para facilitar a sua trabalhabilidade podendo incrementar as suas características em relação à resistência físico-química, faz-se a utilização de materiais em pó, conhecidos como adições (SANTOS, 2008). Segundo a ABNT NBR 13529:2013, materiais adicionados às argamassas a fim de alterar suas propriedades, cuja quantidade é levada em consideração no traço, e caracterizada como materiais inorgânicos naturais ou industriais finamente divididos denominam-se adições.

5.1.1.6 Aditivos

A necessidade de melhorar as características das argamassas referentes à plasticidade, tempo de utilização, resistência mecânica, impermeabilidade, aparência e durabilidade, faz com que se adicionem produtos químicos no traço das argamassas, chamados de aditivos (SANTOS, 2008). Sendo os principais tipos de aditivos:

- Redutores de água (plastificantes): sem alterar a quantidade de água melhoram a trabalhabilidade da argamassa;
- Retentores de água: reduzem a absorção de água do substrato, a exsudação e a evaporação de água da argamassa fresca;
- Retardadores de pega: proporcionam mais tempo de utilização da argamassa, pois retardam a hidratação do cimento;
- Aumentadores de aderência: proporcionam aderência química ao substrato;
- Hidrofugantes: sem impedir a troca de gases reduzem a absorção de água da argamassa;
- Incorporadores de ar: diminui a resistência, aumenta a permeabilidade e melhora a trabalhabilidade da argamassa;
- Impermeabilizantes: a permeabilidade da argamassa é reduzida, mas devido suas falhas quando ocorrem fissuras não garantem impermeabilização total (MANUAL DE REVESTIMENTO, ABCP, 2003) e (SANTOS, 2008).

5.2 Etapas de execução

Para a execução do revestimento argamassado de fachadas deve-se seguir alguns conceitos e desenvolvimentos citados a seguir:

- Ferramentas:

Segundo Junior (2010), as ferramentas utilizadas para executar o revestimento argamassado de fachadas são: colher de pedreiro, linha de pedreiro n° 100, fio de prumo, desempenadeira de madeira, broxa, nível de mangueira, enxada, pá, régua de alumínio (recomenda-se ter vários tamanhos), desempenadeira de aço e feltrada (espuma).

Logo, as ferramentas utilizadas para preparo da base são: talhadeira, ponteira, mareta, martelões, serras manuais para corte de pontas de ferro e/ou esmerilhadeira elétrica, escova de piaçava e espátulas. Para limpeza, pode-se utilizar mangueira de água e escovas de aço e/ou bomba de hidrojateamento (BANDUK; CEOTTO; NAKAKURA, 2005).

Para executar o chapisco (tradicional, industrial, e rolado) as ferramentas utilizadas são: colher de pedreiro, desempenadeira de plástico, caixa de massa, desempenadeira denteada de aço (dentes 6x6x6mm) e rolo de textura acrílica (JUNIOR, 2010).

E, conforme Junior (2010) executa-se emboço e reboco com as seguintes ferramentas: sargentos para fixação das régua, régua de alumínio para os cantos, desempenadeira de canto, desempenadeira de canto modificada para pingadeira, moldador de juntas, régua de alumínio, cordas de nylon, caixas de massa com carrinho ergométrico e gabarito de requadrção de esquadrias. Há ainda a necessidade de alguns equipamentos: andaime fachadeiro ou balancins com anteparos, elétricos ou manuais; EPI's (equipamentos de segurança individual); equipamentos de transporte como jiricas, elevadores, etc.; e conjunto de arames para definir espessura de argamassa e requadrar o plano a ser revestido.

- Condições iniciais:

O Manual de Revestimento ABCP (2003), cita algumas condições: conclusão da alvenaria há pelo menos 30 dias e internamente fixadas há 15 dias; exceto os 3 últimos pavimentos que devem ter sua estrutura pronta a pelo menos 60 dias, o restante deve ter sido concluído há pelo menos 120 dias; referenciais de vãos devem estar corretamente fixados, como batentes e contramarcos; fixação de tubulações de qualquer finalidade existentes na fachada; se necessário execução de

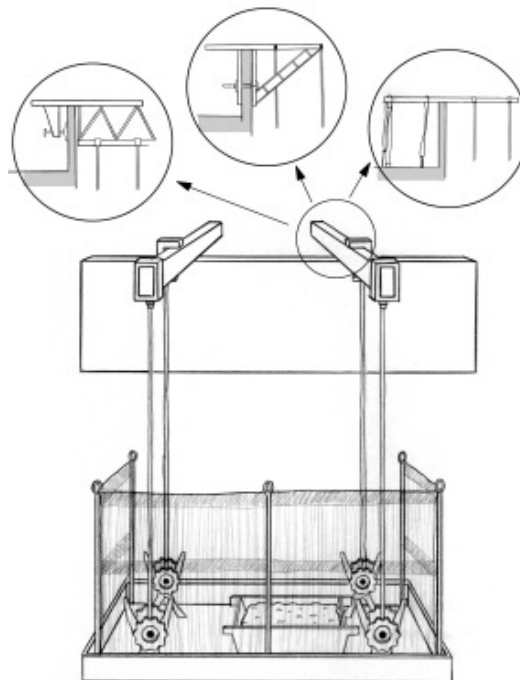
juntas de dilatação; recomenda-se a conclusão de revestimentos internos verticais e contrapisos; proteção da fachada com tela plástica; instalação de equipamento de proteção individual e coletiva; disponibilidade do projeto de produção; definição do traço de argamassa a ser utilizada, e se for o caso, montagem da central de produção.

- Montagem de balancins:

A construtora, juntamente com o fabricante e o executor da obra, deve elaborar um projeto de instalação de balancins, conforme mostra a Figura 02, para que a aplicação do equipamento seja o mais eficiente possível e de forma que não prejudique a produtividade (MANUAL DE REVESTIMENTO, ABCP, 2003).

Existem dois tipos de balancins: o manual, que dificulta e gera um atraso significativo na execução do revestimento, e o motorizado, que ao contrário da primeira opção é de grande utilidade pela sua facilidade de operação (MACIEL, BARROS, SABBATINI, 1998).

Figura 02 – Exemplo de instalação de balancim.



Fonte: Manual de revestimento, ABCP. 2003

- Reparação da base:

Conforme Junior (2010), iniciar com a correta limpeza da base é de fundamental importância, por ser responsável pela absorção e aderência do revestimento (Figura 03).

Elementos como pó, fuligem, graxas, óleos, desmoldantes, fungos, musgos e eflorescências devem ser removidos para que não afetem a aderência da argamassa à base. Elementos de fixação de balancins, proteção individual e do prédio, como ganchos de ferros, devem ser cortados rente ao substrato e devidamente tratado, evitando manchas de ferrugem e possíveis deslocamento no local. Saliências que se sobressaem na parede, na qual será executado o revestimento, não devem ultrapassar os 10mm de espessura, caso ocorra, deve-se retirar-las através de dispositivos mecânicos ou manuais, sem que haja a danificação da base e, em seguida, devem-se preencher todos os espaços vazios com argamassa (MANUAL DE REVESTIMENTO DE FACHADAS, 2006).

Figura 03 – Retirada de saliências e limpeza da superfície.



Fonte: Professor Marcus Daniel Friederich dos Santos (acervo pessoal)

A fim de evitar concentrações de tensões e principalmente comprometer a capacidade de aderência do revestimento com o substrato, faz-se necessário a correção destes pontos falhos do plano a ser revestido, conforme Figura 04 (JUNIOR, 2010).

Figura 04 – Correção dos pontos falhos do plano a ser revestido.



Fonte: Autor e Manual de revestimento de fachadas, 2006

- Aplicação do chapisco:

Seguindo as especificações do projeto, o chapisco deve ser aplicado em toda a base a ser revestida, por favorecer a aderência da argamassa de revestimento ao substrato (MACIEL, BARROS, SABBATINI, 1998).

Roscoe (2008) considera o chapisco como uma preparação da base pela sua capacidade de igualar ou reduzir a tendência do substrato de absorver água da camada de regularização, além de melhorar, consideravelmente, a aderência da argamassa de revestimento, garantindo uma melhor ancoragem do emboço ao substrato.

Conforme a Figura 05 existe três formas de aplicação de chapisco no mercado: o tradicional, que é composto por uma mistura de água, cimento e areia devidamente dosado, que gera um elevado percentual de desperdício em função da reflexão do material quando aplicado; o industrial, que é uma mistura industrializada parecida com a argamassa colante, sendo somente acrescentado água no momento em que será feita sua aplicação, devidamente dosado de acordo com as recomendações do fabricante. Possui um elevado rendimento e sua aplicação ocorre somente na estrutura de concreto por meio de desempenho metálico denteado; e o rolado, que surge de uma mistura entre água, cimento, areia e resina acrílica, aplicada tanto na estrutura quanto na alvenaria. Faz-se uso de um rolo de textura acrílica para sua aplicação, possui alto rendimento e produtividade, mas necessita de cuidados rigorosos na mistura e em sua aplicação (MACIEL, BARROS, SABBATINI, 1998).

Figura 05 – Aplicação de chapisco tradicional, industrial e rolado.



Fonte: Professor Marcus Daniel Friederich Dos Santos (acervo pessoal) e Autor

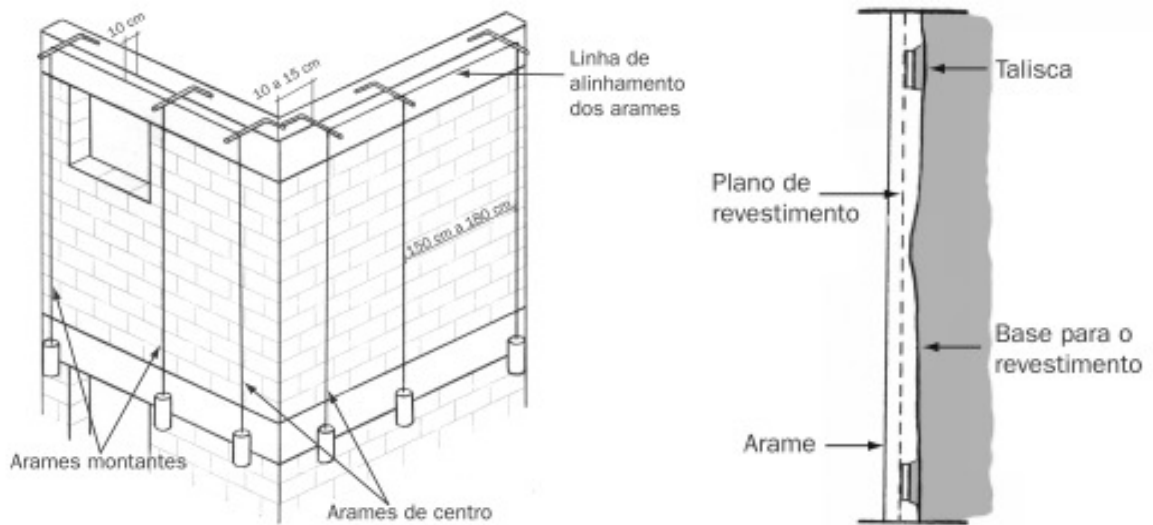
- Mapeamento da fachada:

O plano de referência é determinado a partir de um mapeamento prévio do plano de fachada a ser revestido definindo a exata posição do revestimento aprumado, de modo a ser o ponto menos espesso do plano (JUNIOR, 2010).

O Manual de Revestimento da ABCP (2003) adota uma espessura mínima de 25mm e considera valores mínimos em pontos localizados, previstos em projeto. A atividade de mapeamento é a confecção de uma planilha das distâncias da parede a um arame estendido do topo do edifício ao pé do edifício, devidamente aprumado com a estrutura em pontos específicos: vigas, alvenarias (na meia distância do pé direito do andar) e pilares (na meia distância do pé direito do andar). O mapeamento da fachada é utilizado para se ter uma base do volume e a espessura de argamassa necessária para o revestimento (MANUAL DE REVESTIMENTO DE FACHADAS, 2006).

Para o mapeamento, primeiramente identificam-se os eixos das platibandas, define-se a distância inicial do arame em relação a ela. Essa distância deve ser previamente definida e dependerá do prumo da estrutura. Em seguida, recomenda-se locar dois arames, um em cada lado das quinas, aproximadamente de 10cm a 15cm de distância. Essa locação deverá ser repetida ao lado de cada abertura da fachada. O afastamento dos arames deve ser menor que o comprimento da régua a ser utilizada para a regularização do emboço, conforme observado na Figura 06. Após, efetua-se uma planilha de espessuras aferidas no decorrer da fachada, fornecendo os dados ao projetista, o qual irá definir as espessuras e os pontos que necessitam ser reforçados (JUNIOR, 2010).

Figura 06 – Mapeamento e posição dos arames ao longo da fachada.



Fonte: Manual de revestimento, ABCP, 2003 e Professor Marcus Daniel Friederich Dos Santos (acervo pessoal)

- Taliscamento:

Definido a espessura da argamassa, executa-se o taliscamento, ou seja, a fixação de cacos de cerâmica em toda a extensão da fachada com a mesma argamassa dosada para o emboço, a fim de definir a espessura de argamassa de projeto, conforme Figura 07 (MACIEL, BARROS, SABBATINI, 1998).

Segundo o Manual de Revestimento da ABCP (2003), deve-se obedecer a uma distância entre 1,5m e 1,8m em ambas as direções, levando em consideração o tamanho da régua de alumínio que será utilizado para a regularização da argamassa. O taliscamento servirá para a execução das mestras, sendo referência para o preenchimento do plano com argamassa.

Conforme Junior (2010), o taliscamento poderá indicar partes onde o revestimento necessite de uma espessura superior ao valor máximo indicado pelo projetista e/ou pelo fabricante da argamassa, caso esta seja argamassa industrializada. Nesta situação, efetua-se a primeira cheia adotando um reforço com tela sob a orientação do projetista.

Figura 07 – Execução do taliscamento (externo e interno).



Fonte: Autor

- Emboço:

Conforme Roscoe (2008), emboço é a camada de regularização aplicada sobre o chapisco, cuja função é a definição do plano vertical, a sustentação do reboco e o revestimento cerâmico. Executando as mestras, recomenda-se aguardar até que a argamassa adquira resistência para que possa servir de guia para o preenchimento do pano interno, conforme Figura 08 (MANUAL DE REVESTIMENTO DE FACHADAS, 2006).

Certificando à resistência da argamassa das mestras, o preenchimento do pano interno deve ser feito por projeção enérgica do material sobre a base, de forma manual ou mecânica, eliminando assim os vazios e alisando a superfície. No caso do revestimento tipo massa única, é imprescindível a aplicação do material logo após a execução das mestras para o recebimento do acabamento, caso a escolha dos métodos emboço e reboco para pintura ou emboço para cerâmica, não se faz necessário à aplicação imediata (MACIEL, BARROS, SABBATINI. 1998).

Caso haja a necessidade do revestimento ser executado em camada com espessura superior a 3cm deverá ser dividido em mais de uma aplicação. Essa especificação é atribuída para espessuras de 3 a 5cm, necessitando ser executado

em duas etapas. Já, para camadas de 5 a 8cm a aplicação deve ocorrer em no mínimo três etapas, sendo as duas primeiras preenchidas com pedras e cascalhos, prevendo ainda a colocação de tela galvanizada para estruturar o revestimento. Em situações como esta, se recomenda aguardar pelo menos 16h entre cada camada, efetuando as mestras imediatamente antes da última cheia (MANUAL DE REVESTIMENTO, ABCP, 2003).

Figura 08 – Execução do emboço após as mestras adquirirem resistência.



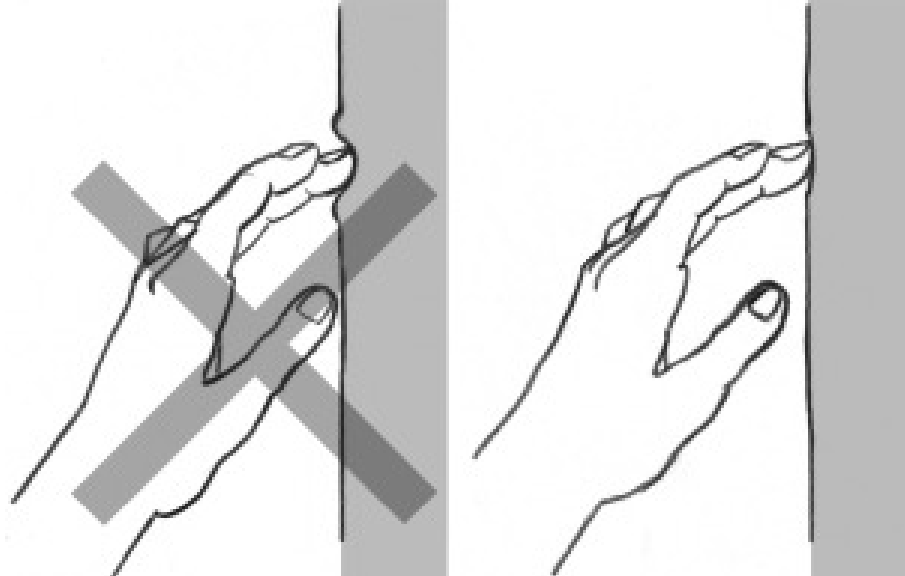
Fonte: Autor

- Sarrafeamento:

Segundo Junior (2010), o momento em que a argamassa apresentar uma consistência, tal que possa ser regularizada com a régua de alumínio, sem que sofra danos em sua aderência inicial, o pano estará pronto para receber o acabamento final. Essa regularização ocorre com o corte do excesso de argamassa, efetuado com a movimentação da régua de alumínio no sentido vaivém de baixo para cima, conforme Figuras 09 e 10. Durante essa movimentação, poderão ocorrer falhas que deverão ser preenchidas novamente com argamassa aplicando-a com uma força de compressão com o verso da colher de pedreiro, assim devendo-se repetir o sarrafeamento até que a superfície esteja com uma textura uniforme e sem falhas. A partir do momento em que o pano atingir uma textura uniforme deve-se retirar as

taliscas e preencher os espaços vazios com argamassa e, em seguida, se necessário, executar o acabamento, ou seja, o reboco (MANUAL DE REVESTIMENTO DE FACHADAS, 2006).

Figura 09 – Ponto adequado para sarrafeamento.



Fonte: Manual de revestimento, ABCP. 2003

Figura 10 – Sarrafeamento executado com régua de alumínio apoiado nas mestras.



Fonte: Autor

- **Reboco:**

Colocada sobre uma desempenadeira, a argamassa é comprimida contra a base em um movimento ascensional no sentido vertical, a espessura da camada deverá ser uniforme entre 4 e 5mm. Em condições que fique constatado que o emboço possa retirar excessivamente água do reboco, ocasionando uma possível dificuldade no espalhamento deste, se faz necessário a execução de uma prévia molhagem na superfície (JUNIOR, 2010).

5.3 Utilização da tela para reforçar o revestimento argamassado

Segundo Junior (2010), o revestimento argamassado deve ser reforçado com tela metálica em regiões onde possam ocorrer grandes concentrações de tensões, são elas: na interface da estrutura de concreto armado com a alvenaria de vedação, do primeiro pavimento e dos três últimos pavimentos; e casos que a espessura do revestimento supera o projetado, e regiões que possam ocorrer movimentações diferenciais intensas (balanços, grandes vãos, etc.).

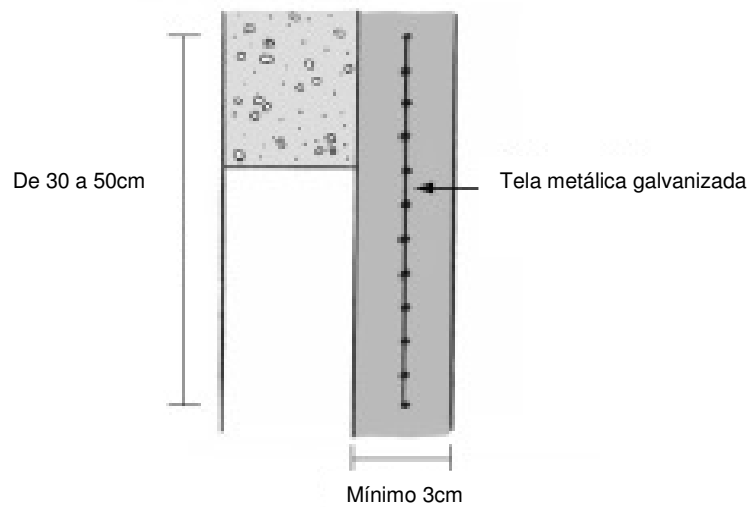
A interface alvenaria-estrutura é uma região a qual o revestimento argamassado sofre com elevadas tensões, esses locais são reforçados com tiras de tela metálica galvanizada. Os pavimentos sobre pilotis e os três últimos pavimentos do edifício, são as regiões na qual há a necessidade deste reforço, devido às características de deformação da estrutura da obra. Também, utiliza-se este método de reforço em situações que a espessura do revestimento argamassado ultrapassa os limites máximos recomendados (MACIEL, BARROS, SABBATINI. 1998).

Definido em projeto, este reforço poderá ser utilizado de duas maneiras:

- **Argamassa armada:**

O Manual de Revestimento da ABCP (2003) recomenda que, nesta situação, a espessura do revestimento argamassado seja superior ou igual a 30mm, executando-se a primeira metade do revestimento de forma que a argamassa seja bem comprimida (Figura 11). Em seguida, coloca-se a tela metálica galvanizada, de forma que fique bem firme a argamassa. A segunda metade deve ser sobreposta igualmente a primeira, de forma que a argamassa fique bem comprimida à tela, logo, prosseguindo com o acabamento final.

Figura 11 – Utilização da tela como reforço do emboço.

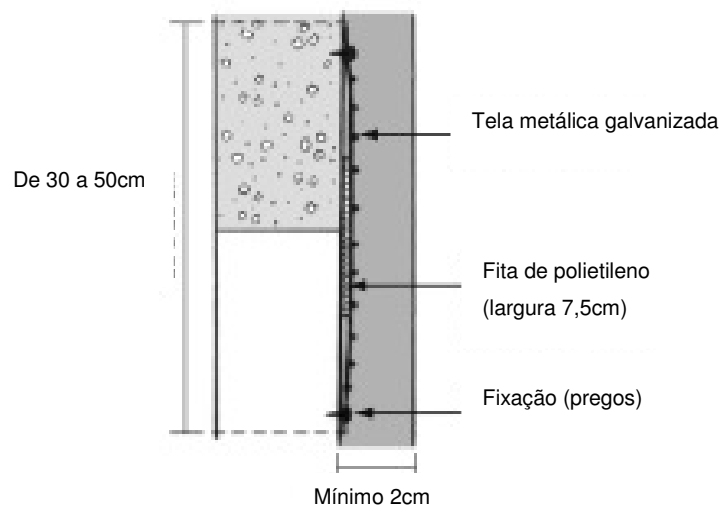


Fonte: Manual de revestimento, ABCP. 2003

- Ponte de transmissão de tensões:

Conforme o ABNT NBR 13749:2013, recomenda-se que, nesta situação, a espessura mínima do revestimento argamassado externo seja de 20mm. Inicia-se a execução pela colocação de uma tira de fita de polietileno sobre a interface alvenaria/concreto. Em seguida, coloca-se a tela metálica galvanizada sobre a base, fixando-a com parafusos, pinos ou grampos em suas extremidades (Figura 12 e 13). De forma que a tela fique submersa, aplica-se a argamassa com certa compressão, mas evitando o contato com a fita de polietileno.

Figura 12 – Utilização da tela como ponte de transmissão de tensões.



Fonte: Manual de revestimento, ABCP. 2003

Figura 13 – Interface estrutura/alvenaria de vedação reforçada com tela metálica.



Fonte: Professor Marcus Daniel Friederich Dos Santos (acervo pessoal)

5.4 Manifestações patológicas relacionadas ao revestimento argamassado de fachadas, sem a utilização da tela de reforço

Conforme Costa (2013), a conscientização ao longo dos anos da necessidade de melhorias na execução do revestimento argamassado de fachadas, que não estejam apresentando eficiência nas propriedades as quais se destinam, ou seja, apresenta falhas na proteção e vedação das edificações, esta crescendo.

Associa-se a origem dessas manifestações patológicas à ineficiência nas fases de projeto, execução e utilização desse revestimento ao longo do tempo (MACIEL, BARROS, SABBATINI, 1998).

Relacionado à fase de projeto, a ausência do mesmo, a má concepção, a deficiência de detalhamento, a seleção inadequada dos materiais e técnicas construtivas, visando à diminuição de custos e tempo, não considerando o desempenho do revestimento, são fatores significantes para o surgimento de manifestações patológicas. Em relação à utilização de materiais que estejam em desarmonia às especificações técnicas e recomendações da normatização brasileira ou da sua inexistência, em normas internacionais e pesquisas já publicadas, são relevantes para a ineficiência do revestimento argamassado. E, na produção o controle de recebimento, armazenamento, misturas, prazos mínimos e

acompanhamento na execução, são fatores que se seguidos corretamente evitam aparições de manifestações patológicas (MACIEL, BARROS, SABBATINI, 1998).

Segundo Costa (2013), um fato muito relevante no combate às manifestações patológicas em fachadas é a execução de um memorial descritivo das etapas, tempo e métodos, pois é requerida uma manutenção periódica para o adequado desempenho do conjunto. São fatores para o aparecimento de manifestações patológicas:

- Congênitas: decorrentes da não observância das Normas Técnicas e/ou de erros e omissão profissional na fase de projeto;
- Construtivas: decorrentes de emprego de mão de obra despreparada, produtos de baixa qualidade, ausência de projeto na fase de execução da obra;
- Adquiridas: é o resultado da exposição do revestimento ao meio em que se inserem, podendo ser decorrentes do meio natural, agressividade do meio ou decorrentes a ação do homem, em função de manutenção inadequada;
- Acidentais: resultado de uma solicitação incomum, caracteriza-se pela ocorrência de algum fenômeno atípico.

Existem duas situações básicas que a falta de reforço com tela gera manifestações patológicas possibilitando a ocorrência de infiltrações e até mesmo o deslocamento da argamassa de revestimento externo. A primeira situação são fissuras situadas junto aos cantos superiores e/ou inferiores das aberturas formando ângulos de 45°. Essas fissuras surgem devido ao deslocamento de tensões que ocorrem pela descontinuidade da alvenaria, podendo ser evitadas com o uso de um reforço com tela no revestimento externo nas extremidades da mesma.

A segunda situação são as trincas verticais e horizontais situadas na interface entre alvenaria de vedação e a estrutura de concreto armado. É mais comumente encontrada nos três primeiros pavimentos, devido a tensões causadas por movimentações mecânicas do prédio e, nos três últimos, onde os surgimentos dessas trincas são decorrentes de movimentações causadas pela variação térmica.

6. METODOLOGIA

Com o objetivo de comparar desempenhos de moldes de revestimento argamassado com tela e sem tela de reforço, executaram-se ensaios de resistência mecânica simulando tensões ocasionadas por esforços de tração, geradas por movimentações mecânicas e térmicas.

Utilizaram-se cinco diferentes moldes: dois com telas metálicas galvanizadas de diferentes espessuras e formato; um com tela de fibra de vidro; um com tela de PVC e um sem o uso de tela para reforço. Posteriormente, definindo-se a melhor indicação para efetuar reforços em revestimentos argamassados de fachadas. Todas as telas utilizadas estão disponíveis no mercado e são usualmente indicadas e utilizadas, cujas características e denominações adotadas são:

- Tela eletrosoldada metálica (T-Elet): malha 25mm x 25mm, composta por fios galvanizados com diâmetro 1,24mm.
- Tela hexagonal (T-Hex): malha 1”, composta por fios galvanizados com diâmetro 0,71mm, trançados, conhecida como “passarinheira” ou “tela de galinheiro”;
- Tela de fibra de vidro (T-FV): 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 (T-PVC): malha hexagonal irregular, de dimensão 30mm x 30mm, composta por fios de PVC com dimensão retangular 1,63mm x 1,05mm;
- Molde sem tela (M-ST).

O procedimento iniciou-se com a caracterização das argamassas de emboço e chapisco. Para a argamassa de emboço utilizou-se padrões da norma ABNT NBR 13281:2005 – Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos, sendo que as tabelas encontram-se em anexo (ANEXO A). Para a argamassa de chapisco executou-se o ensaio de aderência, confirmando as informações do fabricante, também fazendo uso da tabela da norma ABNT NBR 13281:2005.

Desenvolveu-se suporte para a fixação da tela a máquina que realizou os esforços de tração em laboratório. Assim, pode-se comparar e analisar a capacidade de resistência das telas quanto a esforços de tração. Em seguida, isolou-se um fio componente de cada modelo de tela e efetuou-se o mesmo ensaio. Com o término

dos ensaios de tração moldaram-se corpos de prova, com argamassa reforçada com cada modelo de tela e um molde sem a sua utilização, em duas situações: quando utilizada para estruturar o revestimento e em circunstâncias de ponte de transmissão de tensões. Executaram-se moldes de revestimentos sobre placas de ensaio padronizadas pela ABNT NBR 14081-4:2014 com dimensão de 50cm x 25cm x 2,5cm, utilizadas para ensaios de arrancamento de argamassa.

Desenvolveu-se suporte para fixação das placas de argamassa simulando a movimentação de tração em situação real. Necessitou-se perfurar e cortar todas as placas utilizadas nos ensaios. Para que não ocorresse diferença entre os resultados, influenciados por possíveis desvios de perfuração e corte, desenvolveram-se gabaritos metálicos. Prevendo uma grande movimentação dos corpos de prova que poderia vir a danificar o molde revestido com argamassa até a execução do ensaio, fez-se necessário o desenvolvimento de um suporte que mantivesse as placas estáveis até sua fixação na máquina de ensaio.

Iniciaram-se os procedimentos com a perfuração das placas de argamassa. Em seguida, efetuaram-se as repartições das placas em dimensões de 25cm x 25cm x 2,5cm, simulando circunstâncias reais de um edifício.

Para a condição em que a tela trabalhará como ponte de transmissão de tensões, a moldagem seguiu a seguinte ordem de execução: Prenderam-se as placas de argamassa no dispositivo desenvolvido, deixando-a imóvel até o momento de execução do ensaio. Após, ocorreu à aplicação da argamassa de chapisco, e aguardou-se até que as mesmas adquirissem resistência mecânica. Optou-se pela escolha do chapisco industrial pela facilidade de execução e dosagem em laboratório. Em seguida, fixou-se a tela com quatro parafusos com buchas, um em cada canto da placa, simulando a fixação em situação real. Por fim, se executou o emboço.

Para a etapa do emboço, utilizou-se o revestimento de massa única. Inicialmente, desenvolveu-se um molde de madeira de 40cm x 20cm x 3cm, o qual substituiu a função do taliscamento. Após 28 dias de cura, os corpos de prova foram rompidos por tração.

Na locação da tela com a função de estruturar a argamassa de revestimento, o procedimento seguiu a mesma ordem descrita acima. Porém, a tela não foi fixada ao substrato, esta foi posicionada no centro da camada do revestimento e novamente aguardou-se 28 dias de cura para efetuar o ensaio de tração.

Após todos os ensaios, apresentam-se a média dos resultados em planilhas do programa Microsoft Word, ANEXO B, afim de melhor visualização e comparação dos resultados.

7. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS E COMPONENTES

7.1 Argamassa para revestimento

A Figura 14 mostra a embalagem da argamassa industrializada para reboco grosso que foi utilizada para moldagem dos corpos de prova.

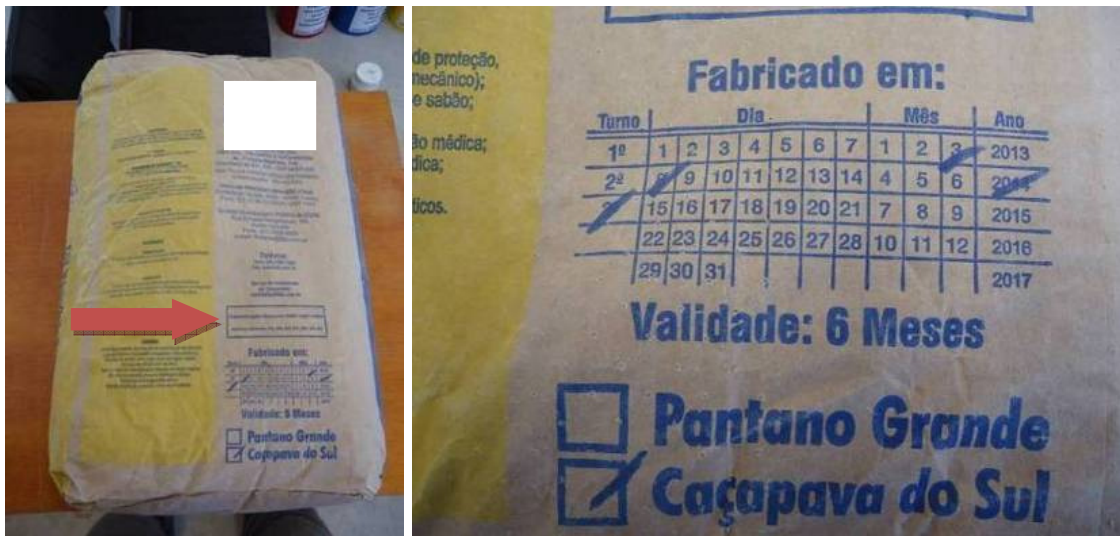
Figura 14 – Argamassa industrializada, utilizada nos ensaios.



Fonte: Autor

Cada bolsa contém 25Kg de argamassa seca e possui um rendimento de 1,25m² com espessura de 1cm de reboco grosso em parede de alvenaria. A fornecedora da argamassa, em sua embalagem, fornece informações do produto segundo a norma da ABNT NBR 13281:2005. A Figura 15 mostra características do produto na embalagem.

Figura 15 – Data de fabricação e informações do LOTE segundo a NBR 13281:2005, Lote T3-08032014 (Caçapava do Sul).



Fonte: Autor

A argamassa empregada denomina-se: **Reboco Grosso: P3, M4, R3, C1, D3, U4, A3**, cada referência citada significa o resultado de ensaios exigidos pela norma, os quais têm:

- Resistência à compressão: P3, (2,5 a 4,5MPa) método de ensaio segundo a NBR 13279:2005;
- Densidade de massa aparente no estado endurecido: M4, (1.400 a 1.800Kg/m³) método de ensaio segundo a NBR 13280:2005;
- Resistência à tração na flexão: R3, (1,5 a 2,7MPa) método de ensaio segundo a NBR 13279:2005;
- Coeficiente de capilaridade: C1, ($\leq 1,5\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$) método de ensaio segundo a NBR 15259:2005;
- Densidade de massa no estado fresco: D3, (1.400 a 1.800Kg/m³) método de ensaio segundo a NBR 13278:2005;
- Retenção de água: U4, (86 a 94%) método de ensaio segundo a NBR 13277:2005;
- Resistência potencial de aderência à tração: A3, ($\geq 0,30\text{MPa}$) método de ensaio segundo a NBR 15258:2005.

Para validar os resultados apresentados pelo fabricante, executaram-se novamente os ensaios exigidos pela norma NBR 13281:2005. A Figura 16 mostra os

moldes utilizados para a moldagem de seis corpos de prova, de dimensões 4cm x 4cm x 16cm.

Figura 16 – Fôrmas para moldagem de CP 4cm x 4cm x 16cm.



Fonte: Autor

Para essa moldagem utilizou-se 2.500g de argamassa seca e 400ml de água. Para homogeneização da argamassa, utilizou-se uma argamassadeira de laboratório. Antes de executar a moldagem dos corpos de prova, fez-se o ensaio de consistência da argamassa segundo a ABNT NBR 13276:2005. O ensaio apresentou um resultado de 250mm, conforme Figura 17.

Figura 17 – Ensaio de consistência.



Fonte: Autor

A Figura 18 mostra a moldagem que ocorreu em 2 camadas com 30 golpes em cada. Após 7 dias ocorreu a desmoldagem e em 28 dias os ensaios.

Figura 18 – Moldagem dos corpos de prova.



Fonte: Autor

Após 28 dias executaram-se os ensaios no laboratório da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Os ensaios de densidade de massa no estado fresco (NBR 13278:2005) e Retenção de água (NBR 13277:2005) foram executados no laboratório da Universidade Federal de Santa Maria (LMCC/UFSM), os resultados obtidos foram:

- Densidade de massa no estado fresco (NBR 13278:2005);
Obteve-se o resultado médio de 1.663kg/m^3 , que confirmou o que o fabricante apresenta na embalagem.
- Retenção de água (NBR 13277:2005);
Obteve-se o resultado médio de 87,5%, que confirmou o que o fabricante apresenta na embalagem.
- Resistência à compressão (NBR 13279:2005);
Obteve-se o resultado médio de 5,1MPa, que confirmou ser superior ao que o fabricante apresenta na embalagem. A Figura 19 demonstra a execução do ensaio.

Figura 19 – Ensaio de compressão, lote T3-08032014.



Fonte: Autor

- Resistência à tração na flexão (NBR 13279:2005);
Obteve-se o resultado médio de 3,2MPa, que confirmou ser superior ao que o fabricante apresenta na embalagem. A Figura 20 demonstra a execução do ensaio.

Figura 20 – Ensaio de tração na flexão, lote T3-08032014.



Fonte: Autor

- Densidade de massa aparente no estado endurecido (NBR 13280:2005);
Obteve-se o resultado médio de 1.525g/dm³, que confirmou o que o fabricante apresenta na embalagem.
- Coeficiente de capilaridade (NBR 15259:2005);
Obteve-se o resultado médio de 0,81g/cm²/_{min.}, que confirmou o que o fabricante apresenta na embalagem. A Figura 21 demonstra a execução do ensaio.

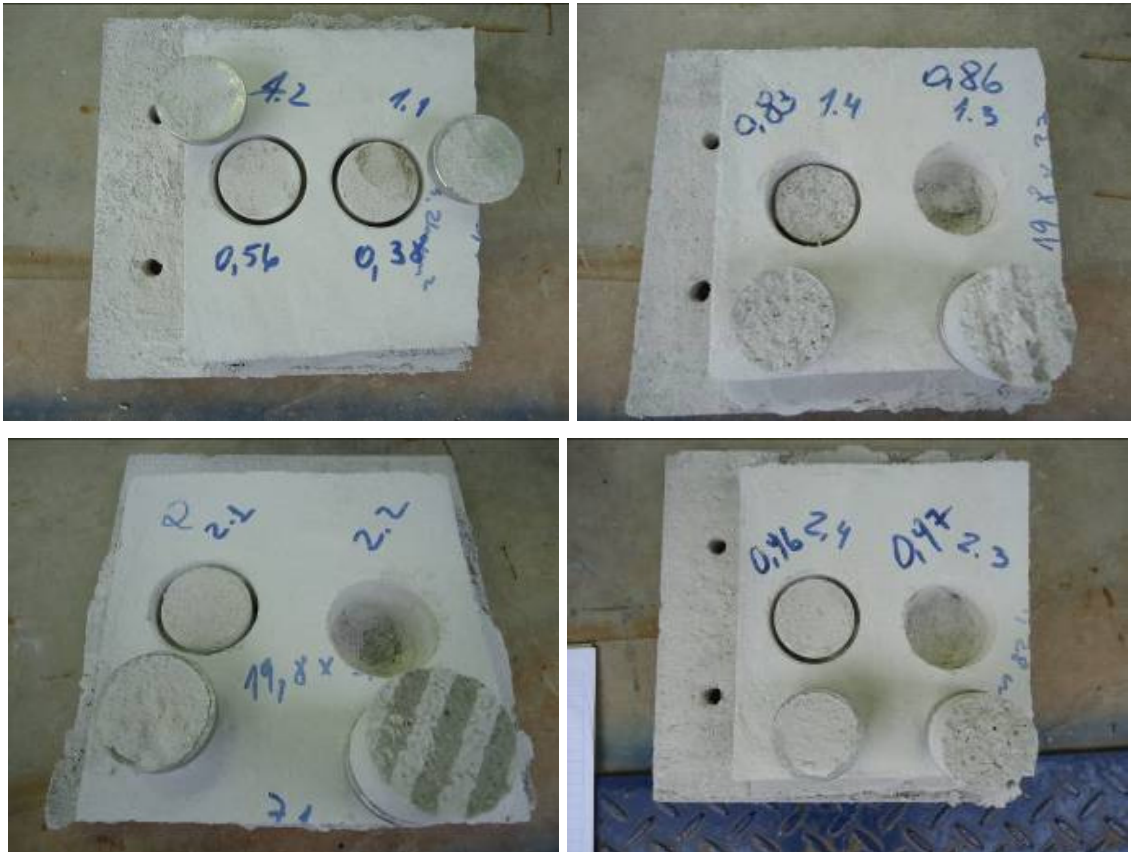
Figura 21 – Ensaio de capilaridade, ascensão da umidade.



Fonte: Autor

- Resistência potencial de aderência à tração (NBR 15258/ 2005);
 Obteve-se o resultado médio de 0,73MPa, que confirmou o que o fabricante apresenta na embalagem. A Figura 22 demonstra o ensaio executado nas placas-padrão.

Figura 22 – Ensaio de aderência ao arrancamento.



Fonte: Autor

Confirmado a qualidade do produto perante a norma brasileira NBR 13281:2005, deu-se prosseguimento ao trabalho.

7.2 Argamassa para chapisco

Para a argamassa de chapisco executou-se somente o ensaio de aderência ao substrato. Os resultados encontram-se no Quadro 1.

Quadro 01 – Ensaio de aderência da argamassa.

CP	Resultados (MPa)	Média (MPa)	Norma NBR 15258:2005
1.1	0,38	0,73	A3, ($\geq 0,30$ MPa)
1.2	0,56		
1.3	0,86		
1.4	0,83		
2.1	0,69		
2.2	0,65		
2.3	0,97		
2.4	0,96		

Fonte: Autor

Sendo responsável por auxiliar a aderência entre a argamassa e o substrato, teve-se o cuidado com a execução do mesmo, evitando que houvesse falhas pela deficiência de aderência entre os materiais. A Figura 23 mostra o chapisco executado. Escolheu-se a argamassa de chapisco industrializado fornecida em embalagem de 25Kg. Para sua utilização basta somente efetuar a homogeneização da argamassa seca com água.

Figura 23 – Chapisco executado nas placas de ensaio.



Fonte: Autor

7.3 Telas de reforço

Para calcular a resistência das telas quanto a esforços de tração, partiu-se do princípio que a área de um fio multiplicada pela quantidade de fios constituintes do trecho da tela ensaiada fornecerá uma área de referência para o modelo. Utilizando o resultado obtido pelo ensaio de tração, carga em Newton (N), aplicou-se a fórmula $Tensão = Carga/Área$, obteve-se um resultado que se utilizou para comparar os modelos ensaiados.

7.3.1 Caracterização dos fios componentes das telas de reforço

Para certificar-se que os valores encontrados para as telas apresentassem um valor coerente para uma base de comparação, efetuou-se ensaios de esforço de tração nos fios componentes dos modelos. Os resultados obtidos foram:

- **Modelo T-Elet**

Conforme Figura 24, o Modelo T-Elet é a tela metálica eletrosoldada da marca Fachaforte da fabricante Morlan.

Figura 24 - Modelo T-Elet, Fachaforte, fabricante Morlan.



Fonte: Autor

O Modelo T-Elet possui seus fios componentes em duas direções, unidos por um ponto de solda, representado na Figura 25. Uma direção é a altura do rolo, comprimento de 50cm, no Quadro 02 representou-se com a referência de

“acabamento ao acabamento” (AA). A segunda direção é para o lado ao qual a tela é enrolada, no Quadro 02 representou-se com a referência de “sentido do rolo” com comprimento de 45cm.

Quadro 02 – Ensaio de tração, fio componente do Modelo T-Elet.

Fio	Cp	Carga (N)	Média (N)	Def. (cm)	Área* (cm ²)	Tensão (MPa)
Espessura 1,24mm (50cm) (AA)	1	601,0	597,5	6,80	0,01207	497,9
	2	590,4		8,20	0,01207	489,1
	3	601,0		7,20	0,01207	497,9
Espessura 1,24mm (45cm) (sentido do rolo)	1	558,8	569,3	8,20	0,01207	463,0
	2	579,9		6,60	0,01207	480,4
	3	569,3		5,90	0,01207	471,7

Fonte: Autor

Valores de deformação não devem ser considerados precisos.

Tensão calculada a partir da fórmula $T = \text{Carga}/\text{Área}$.

Diferença na carga resistida entre as direções é de 4,9%.

Média de carga entre as direções, $(597,5 + 569,3)/2 = 583,4\text{N}$.

Área* = fio de seção circular.

Valores aproximados ($1\text{Kgf} = 10\text{N} - 1\text{MPa} = 10\text{Kgf/cm}^2$).

Figura 25 – União dos fios componentes do Modelo T-Elet.



Fonte: Autor

Segundo informações do fornecedor do Modelo T-Elet, a tela possui uma área de aço menor na direção enrolada, deixando-a mais flexível, isto justifica a pequena diferença entre os resultados. Para comprovar que a solda não influencia na

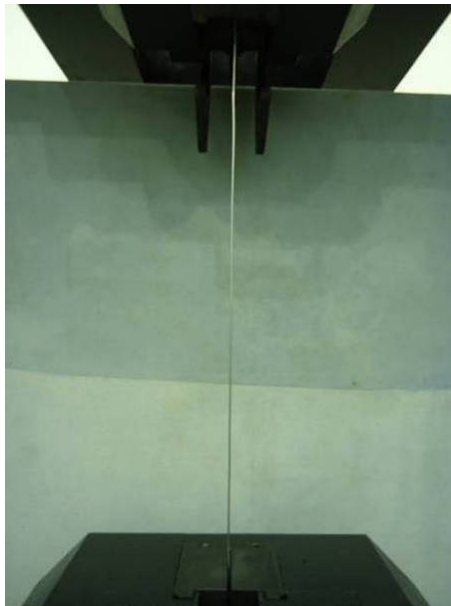
resistência do fio componente, efetuaram-se ensaios em fios de arame liso de iguais características, as Figuras 26 e 27 apresentam os ensaios e o Quadro 03 os resultados do fio de arame liso.

Figura 26 - Ensaio de tração, fio retirado do Modelo T-Elet.



Fonte: Autor

Figura 27 - Ensaio de tração, fio liso.



Fonte: Autor

Quadro 03 – Ensaio de tração, fio liso.

Fio	Cp	Carga (N)	Média (N)	Def. (cm)	Área* (cm ²)	Tensão (MPa)
Espessura 1,24mm (50cm)	1	622,0	615,0	8,50	0,01207	515,3
	2	611,5		7,90	0,01207	506,6
	3	611,5		8,60	0,01207	506,6

Fonte: Autor

Valores de deformação não devem ser considerados precisos.

Tensão calculada a partir da fórmula $T = \text{Carga}/\text{Área}$.

Área* = fio de seção circular.

Média de carga entre as direções (fio com ponto de solda), $(597,5 + 569,3)/2 = 583,4\text{N}$.

Valores aproximados ($1\text{Kgf} = 10\text{N} - 1\text{MPa} = 10\text{Kgf}/\text{cm}^2$).

Os fios componentes do Modelo T-Elet e os fios lisos trabalharam de forma idêntica, atingiram o ponto onde houve o escoamento e diminuíram de seção em seguida romperam.

A diferença de 4,9% na resistência de carga entre os fios com influência da solda, mas em direções contrárias, não é significativa a ponto de concluir uma perda de rendimento pela locação da tela. Concluí-se que a solda que une os fios componentes do Modelo T-Elet pouco influencia na sua capacidade de resistência a esforços de tração.

Analisando os valores de deformação pode-se presumir que a união dos fios componentes do Modelo T-Elet por pontos de solta deixa-os mais rígidos se comparado com o arame liso.

- **Modelo T-Hex**

Conforme Figura 28, o Modelo T-Hex conhecido como tela “passarinheira” ou “de galinheiro” é da marca Coleira Branca da fabricante Morlan.

O Modelo T-Hex possui seu fio componente trançado de forma hexagonal, representado na Figura 29, na qual os elementos geométricos da tela são formados por enrolamento dos fios, ou seja, não há ligação rígida entre os mesmos. Os resultados dos ensaios seguem no Quadro 04.

Figura 28 – Modelo T-Hex, Coleira Branca, fabricante Morlan.



Fonte: Autor

Figura 29 – Fios trançados do Modelo T-Hex.



Fonte: Autor

Quadro 04 – Ensaio de tração, fio componente do Modelo T-Hex.

Fio	Cp	Carga (N)	Média (N)	Def. (cm)	Área* (cm ²)	Tensão (MPa)
Espessura 0,71 mm (50 cm)	1	158,1	161,6	6,60	0,003957	399,5
	2	158,1		8,50	0,003957	399,5
	3	168,7		7,80	0,003957	426,3

Fonte: Autor

Valores de deformação não devem ser considerados precisos.

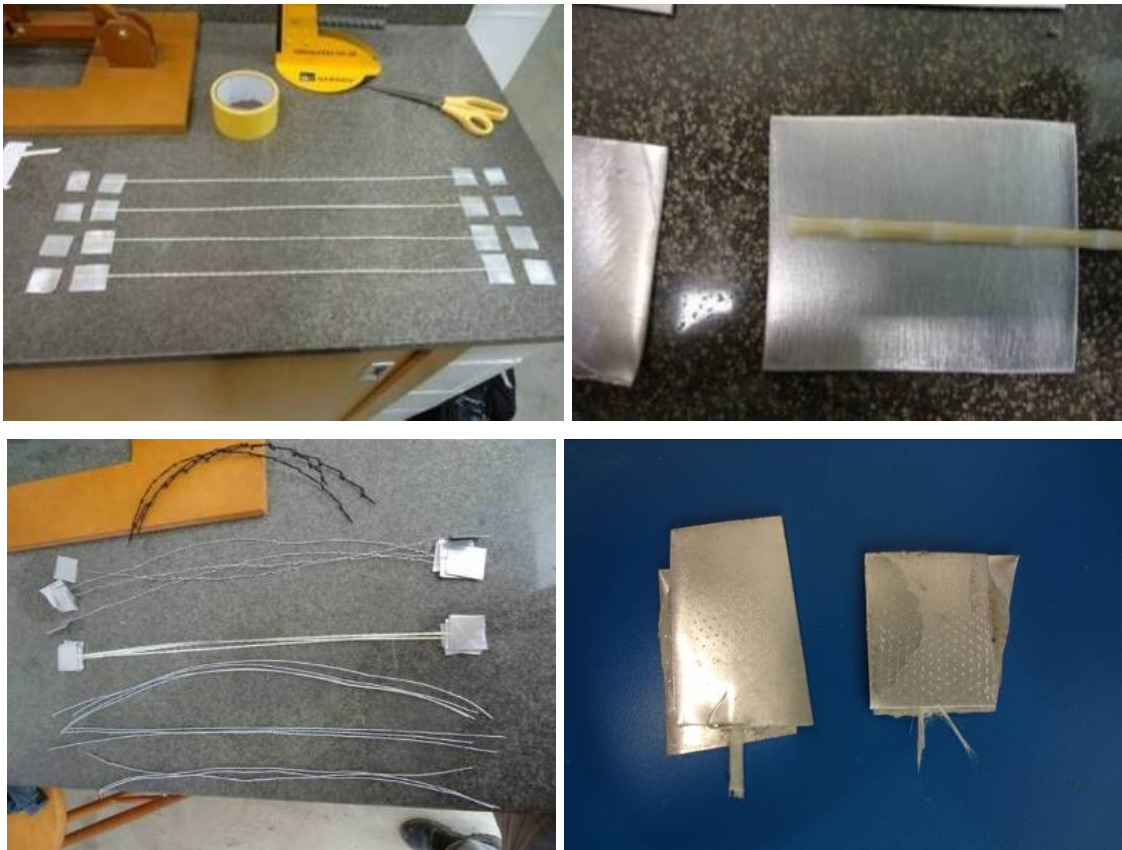
Tensão calculada a partir da fórmula $T = \text{Carga}/\text{Área}$.

Área* = fio de seção circular.

Valores aproximados (1Kgf = 10N – 1MPa = 10 Kgf/cm²).

Para poder efetuar o ensaio precisou-se criar um método para fixar o fio na máquina de ensaio. Devido à espessura do fio, optou-se em utilizar duas placas de alumínio unidas com cola Epóxi, fazendo com que a garra da máquina prensasse o fio deixando-o fixo, podendo assim aplicar a carga de ensaio. A Figura 30 mostra os fios antes do ensaio. Executou-se a mesma técnica para os fios componentes do Modelo T-FV, a Figura 31 mostra o ensaio do Modelo T-Hex.

Figura 30 – Colagem de placas de alumínio em fios do Modelo T-Hex e T-FV.



Fonte: Autor

Figura 31 - Ensaio de tração, fio retirado do Modelo T-Hex.

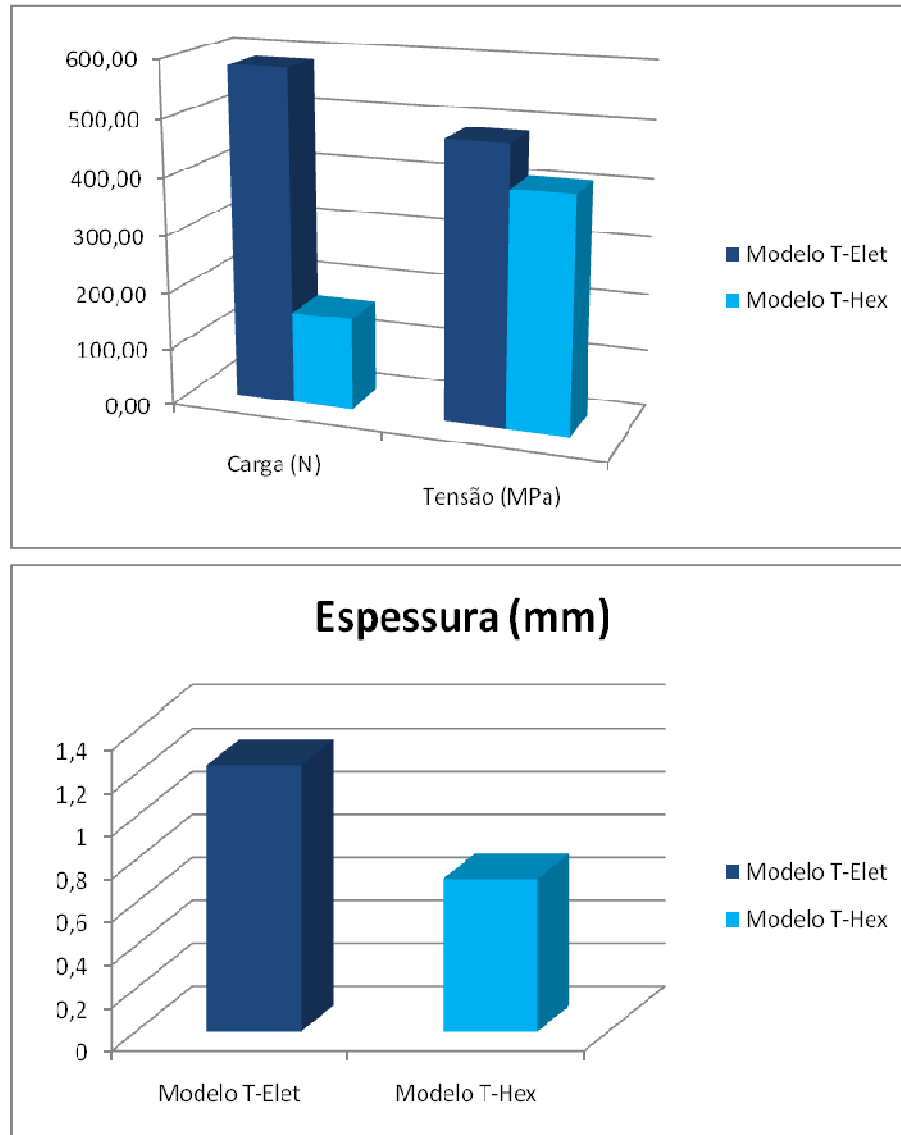


Fonte: Autor

Os fios componentes do Modelo T-Hex trabalharam a ponto de atingir o escoamento e diminuído de seção e em seguida romperam.

Considerando que o Modelo T-Hex não é soldado e sim trançado, fato que interfere mais que a solda, comparado com o fio componente do Modelo T-Elet, ele é 74,6% mais fino, sua capacidade de carga é de 261% menor, porém mostrou deformação semelhante ao Modelo T-Elet. Os resultados indicam como melhor opção o Modelo T-Elet, mesmo que a diferença entre a resistência seja somente uma redução de 18,3%, segue comparações na Figura 32.

Figura 32 – Gráficos de comparações entre os Modelos T-Elet e T- Hex.

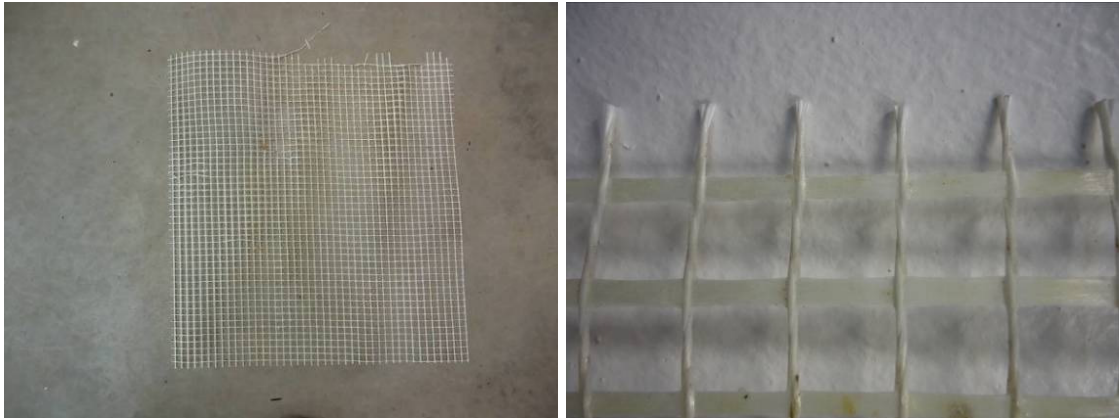


Fonte: Autor

- **Modelo T-FV**

O Modelo T-FV é composto por fios de fibra de vidro em uma direção e na direção oposta, é constituído por fios de PVC com a finalidade de manter os fios componentes da tela unidos a uma determinada distância, como representa a Figura 33. É muito utilizado em revestimento RDM, pela necessidade de materiais resistentes aos álcalis presentes nos aglomerantes e que não gerem manchas causadas pela ferrugem com o tempo.

Figura 33 - Modelo T-FV, tela de fibra de vidro e enlace da tela.



Fonte: Autor

Para fixar o fio componente do Modelo T-FV na máquina, aplicou-se a mesma técnica que no Modelo T-Hex. Os resultados dos ensaios seguem no Quadro 05 e a Figura 34 mostra a execução do ensaio.

Quadro 05 – Ensaio de tração, fio componente do Modelo T-FV.

Fio	Cp	Carga (N)	Média (N)	Def. (cm)	Área* (cm ²)	Tensão (MPa)
Comprimento (50 cm)	1	263,6	302,2	0,08	0,0126	209,2
	2	253,0		0,05	0,0126	200,8
	3	390,1		0,09	0,0126	309,6

Fonte: Autor

Valores de deformação não deveram ser considerados precisos.

Tensão calculada a partir da fórmula $T = \text{Carga}/\text{Área}$.

Área* = fio de seção retangular = $b \times h = 2,26 \times 0,56\text{mm}$.

Obs.: os fios componentes do Modelo 03 contêm certa irregularidade.

Valores aproximados ($1\text{Kgf} = 10\text{N} - 1\text{MPa} = 10\text{Kgf/cm}^2$).

Figura 34 - Ensaio de tração, fio componente do Modelo T-FV.



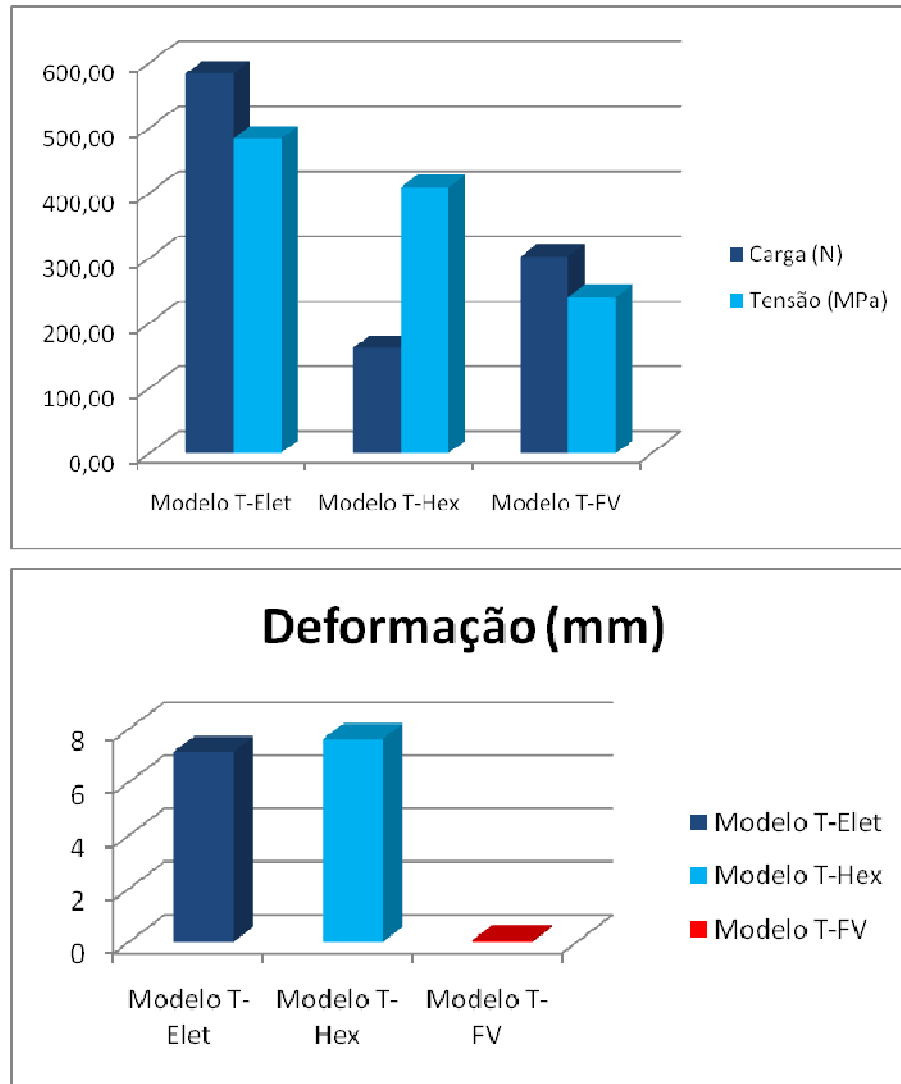
Fonte: Autor

Ao manusear o Modelo T-FV observou-se a fragilidade do mesmo quanto a esforços de dobramento, detalhe importante no momento de efetuar a instalação em obra.

O Modelo T-FV mostrou-se mais eficaz em relação a recebimento de carga com aumento de 87%. Mas, em relação à resistência, apresentou uma redução de 70,2% quando comparado com o Modelo T-Hex. Em relação ao Modelo T-Elet , sofreu uma redução de 93% na capacidade de carga e 101,5% na resistência. Considerando valores de carga e resistência, o Modelo T-Elet se mantém como melhor opção, segue comparações na Figura 35.

Os dados de deformação obtidos para o Modelo T-FV, mesmo que não considerados precisos, mostraram-se muito eficiente em relação aos Modelos T-Elet e T-Hex.

Figura 35 – Gráfico de comparações entre os Modelos T-Elet, T-Hex e T-FV.



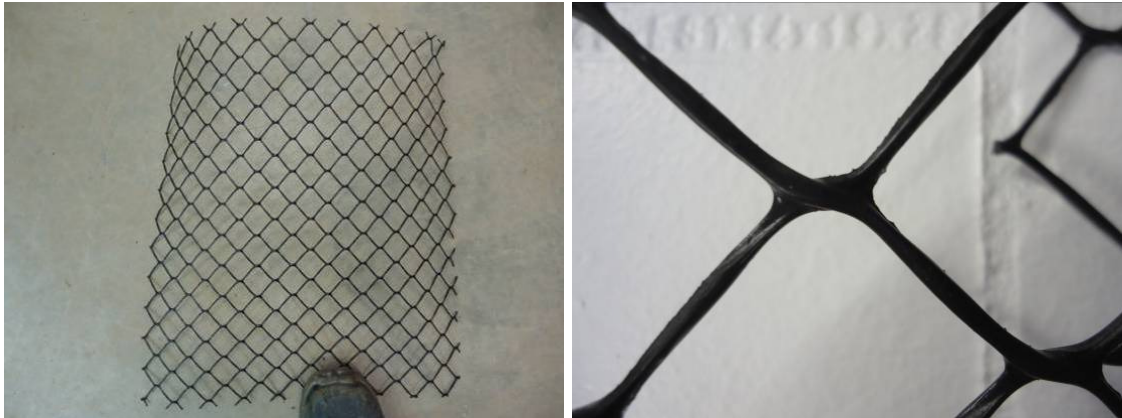
Fonte: Autor

Mesmo não sabendo o quanto de carga gera as movimentações sofridas pelo revestimento argamassado de fachadas, pode-se concluir que o Modelo T-FV, devido a sua baixa deformação, é a amostra mais apropriada para evitar fissuras e trincas no revestimento argamassado.

- **Modelo T-PVC**

Conforme Figura 36, o Modelo T-PVC é a tela de PVC, com fios componentes de dimensões de 1,63 x 1,05mm, o Quadro 06 apresenta os resultados dos ensaios.

Figura 36 - Modelo T-PVC, tela de PVC e união dos nós.



Fonte: Autor

Quadro 06 – Ensaio de tração, fio componente do Modelo T-PVC.

Fio	Cp	Carga (N)	Média (N)	Def. (cm)	Área* (cm ²)	Tensão (MPa)
Espessura 2,55mm (33cm)	1	31,6	28,1	13,70	0,0171	18,5
	2	21,1		12,50	0,0171	12,3
	3	31,6		30,00	0,0171	18,5

Fonte: Autor

Valores de deformação não devem ser considerados precisos.

Tensão calculada a partir da fórmula $T = \text{Carga} / \text{Área}$.

Área* = fio de seção retangular

Valor de deformação para o Cp 3 ficou no limite da máquina, para Cp 1 e Cp 2 foi interrompido antes.

Valores aproximados (1Kgf = 10N – 1MPa = 10Kgf/cm²).

O ensaio com o fio de PVC mostrou baixa resistência do material e alta deformação, conforme Figura 37.

Figura 37 - Ensaio de tração, fio componente do Modelo T-PVC.



Fonte: Autor

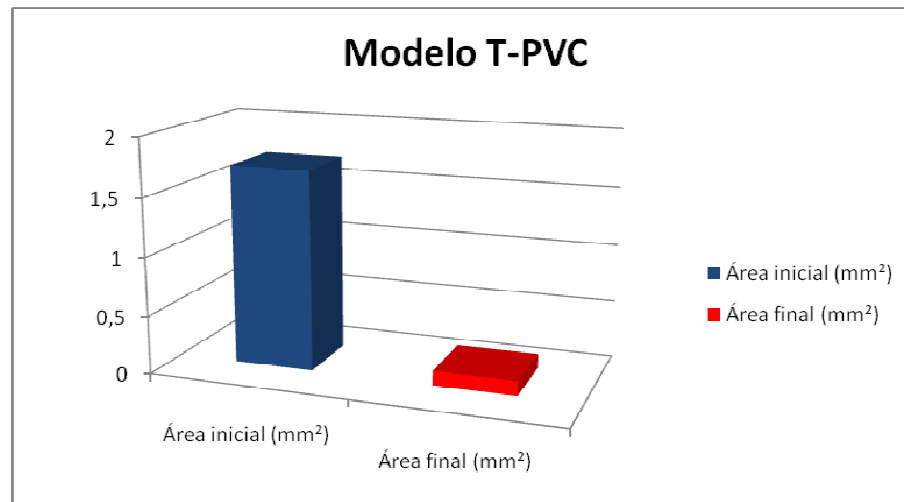
O resultado abaixo mostra a redução de seção gerada pela deformação do material.

$$\text{Área inicial do fio} = b \times h = 1,63 \times 1,05 = 1,71 \text{ mm}^2$$

$$\text{Área final do fio} = \pi \times R^2 = 3,14 \times (0,40/2)^2 = 0,1256 \text{ mm}^2$$

O fio componente do Modelo T-PVC não rompeu, mas gerou uma redução na seção de 1.261,4%, a Figura 38 representa o resultado.

Figura 38 – Gráfico de comparação entre área inicial e final do Modelo T-PVC.



Fonte: Autor

O material do Modelo T-PVC mostrou-se incapaz de solucionar os problemas como fissuras e trincas, pela sua alta capacidade de deformação sendo, portanto, inviável sua utilização em revestimentos argamassados de fachadas.

7.3.2 Caracterização das telas de reforço

Foram executados ensaios em quatro diferentes modelos de telas, sendo que em sequência serão apresentados, por Modelo, os resultados obtidos nesses ensaios realizados.

Para a caracterização das telas adquiriu-se a resistência quanto ao esforço de tração. Fez-se necessário projetar um dispositivo ao qual se pudesse fixar o material à máquina de ensaio. O projeto desse dispositivo segue no ANEXO C e a Figura 39 mostra o dispositivo pronto.

Figura 39 – Suporte para fixação das telas.

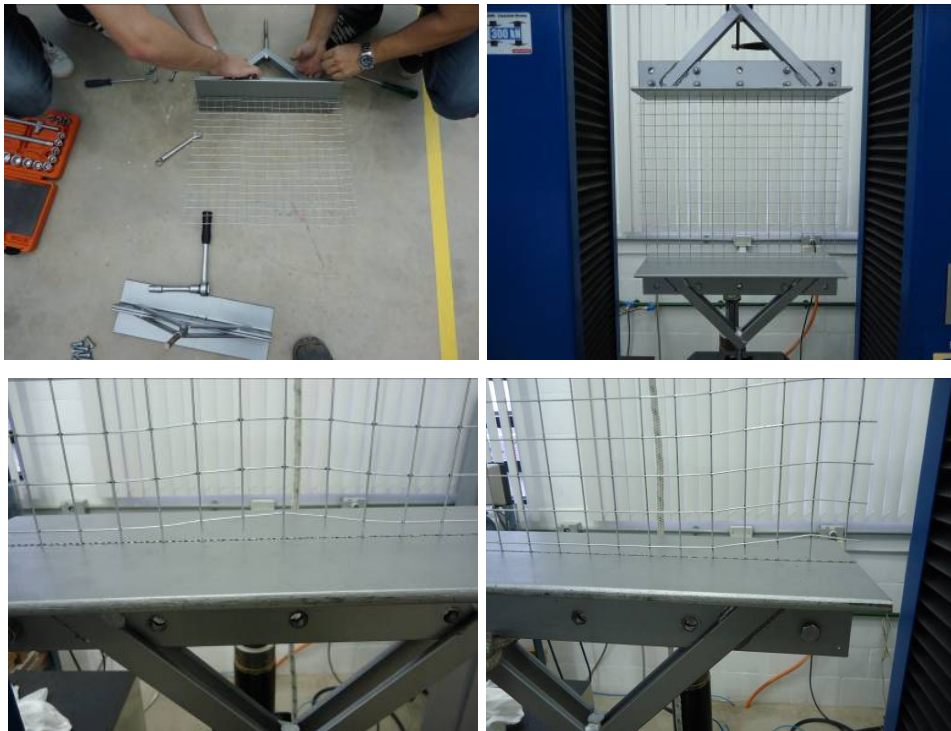


Fonte: Autor

- **Modelo T-Elet**

Para o Modelo T-Elet executou-se ensaio na tela nas duas direções. Pelo mesmo motivo que se ensaiou seus fios componentes. Na Figura 40 observa-se o ensaio da tela e no Quadro 07 os resultados.

Figura 40 – Ensaio de tração da tela do Modelo T-Elet.



Fonte: Autor

Quadro 07 – Ensaio de tração, Modelo T-Elet.

Tela	Cp	Carga (N)	Média (N)	Def. (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
45 x 50cm (AA)	1	10.026,6	10.114,4	3,00	0,21726	461,5
	2	10.100,4		3,40		464,9
	3	10.216,3		4,60		470,2
45 x 45cm (sentido do rolo)	1	9.763,0	10.054,7	2,50	0,21726	449,4
	2	10.638,1		4,80		489,6
	3	9.763,0		3,10		449,4

Fonte: Autor

Valores de deformação não devem ser considerados precisos.

Tensão calculada a partir da fórmula $T = \text{Carga}/\text{Área}$.

Valores aproximados (1Kgf = 10N – 1MPa = 10Kgf/cm²).

$$\text{Área de um fio} = \pi \times R^2 = 3,14 \times (1,24/2)^2 = 1,207016\text{mm}^2 = 0,01207\text{cm}^2$$

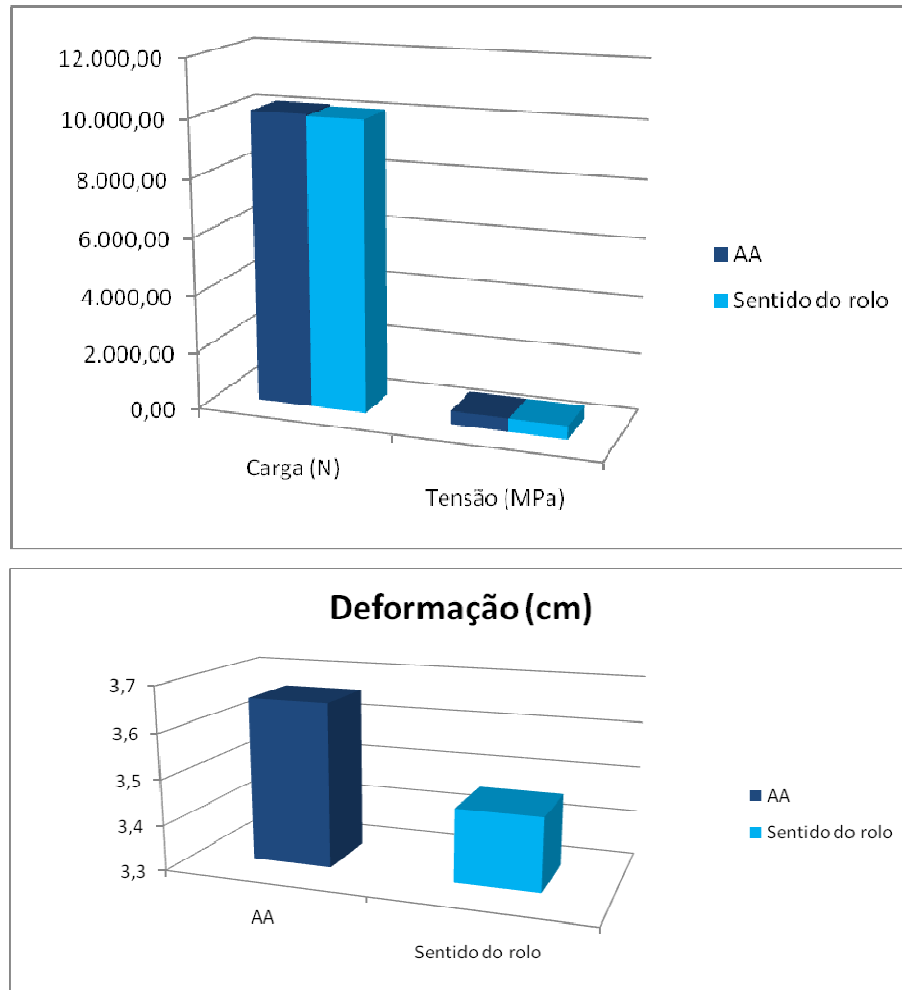
Quantidade de fios na tela ensaiada = 18 fios

$$\text{Área estimada da tela} = 0,01207 \times 18 = 0,21726\text{cm}^2$$

Observou-se que as telas romperam rente ao dispositivo de fixação, provavelmente por estarem submetidas a um esforço de esmagamento gerado pelo dispositivo.

A diferença de 0,6% no recebimento de carga, de 0,6% na resistência e de 5,7% na deformação entre as duas direções em que o Modelo T-Elet foi ensaiado, não é significativa a ponto de concluir uma perda de rendimento pela locação da tela, a Figura 41 demonstra os resultados.

Figura 41 – Gráficos de comparações entre as direções do Modelo T-Elet.



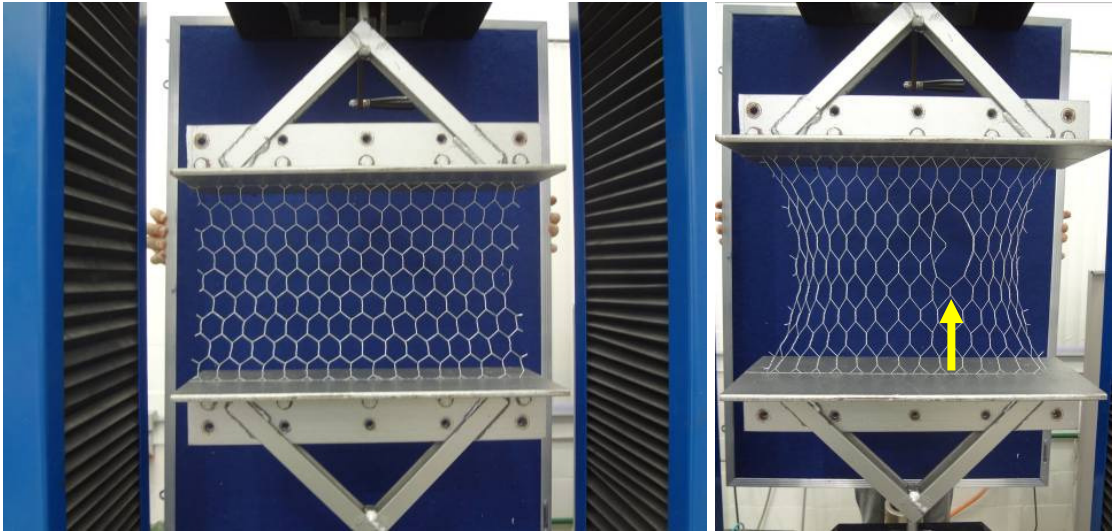
Fonte: Autor

Como, sua resistência permite receber considerável carregamento, além de possuir boa capacidade de deformação, indica que deverão ocorrer grandes níveis de tensões para que a tela não impeça o surgimento de fissuras e trincas. Sendo assim, o Modelo T-Elet é uma adequada opção de reforço.

- **Modelo T-Hex**

Conforme mencionado anteriormente, o Modelo T-Hex possui seus fios componente trançados. Os ensaios revelaram que ao contrário do Modelo T-Elet, a direção representa diferentes valores de resistência e até mesmo na forma de ruptura (abertura dos fios componentes que estão trançados). Instalada com os fios trançados na direção vertical a abertura da tela ocorre no centro da amostra, conforme Figura 42.

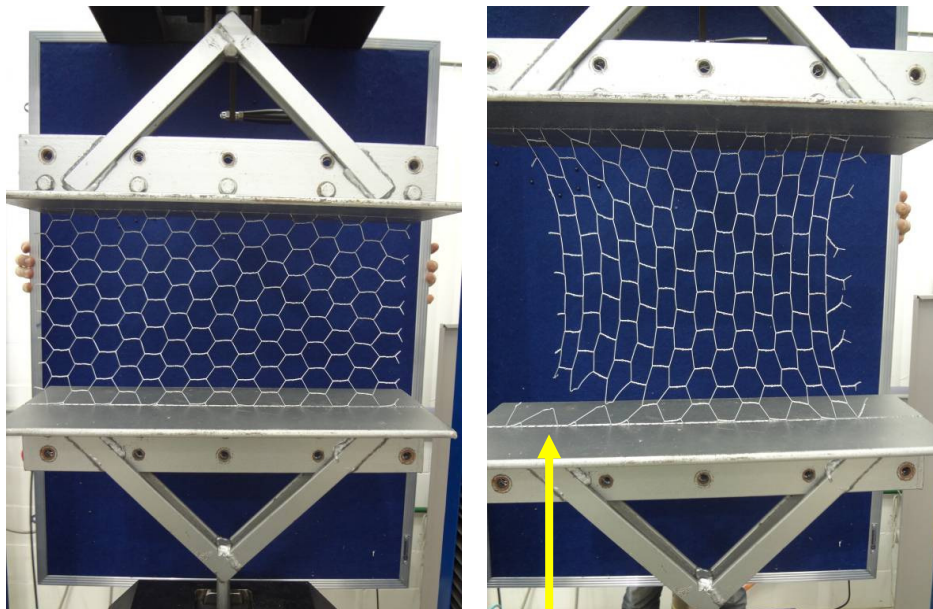
Figura 42 – Ensaio de tração da tela do Modelo T-Hex, direção vertical.



Fonte: Autor

Logo, nas amostras locadas na direção horizontal a ruptura ocorreu nos cantos, conforme Figura 43.

Figura 43 – Ensaio de tração da tela do Modelo T-Hex, direção horizontal.



Fonte: Autor

Os resultados são apresentados no Quadro 08.

Quadro 08 – Ensaio de tração, Modelo T-Hex.

(45cm x 45cm)	Cp	Carga (N)	Média (N)	Def. (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
Tela hexagonal malha 1". (enlace na horizontal)	1	716,9	709,9	4,00	0,07122	100,7
	2	727,5		4,70	0,07122	102,1
	3	685,3		3,70	0,07122	96,2
Tela hexagonal malha 1". (enlace na vertical)	2	1.929,4	1855,6	3,20	0,07122	270,9
	3	1.792,3		3,20	0,07122	251,7
	4	1.845,1		4,70	0,07122	259,1

Fonte: Autor

Valores de deformação não deveram ser considerados precisos.

Tensão calculada a partir da fórmula $T = \text{Carga}/\text{Área}$.

Valores aproximados (1Kgf = 10N – 1MPa = 10Kgf/cm²).

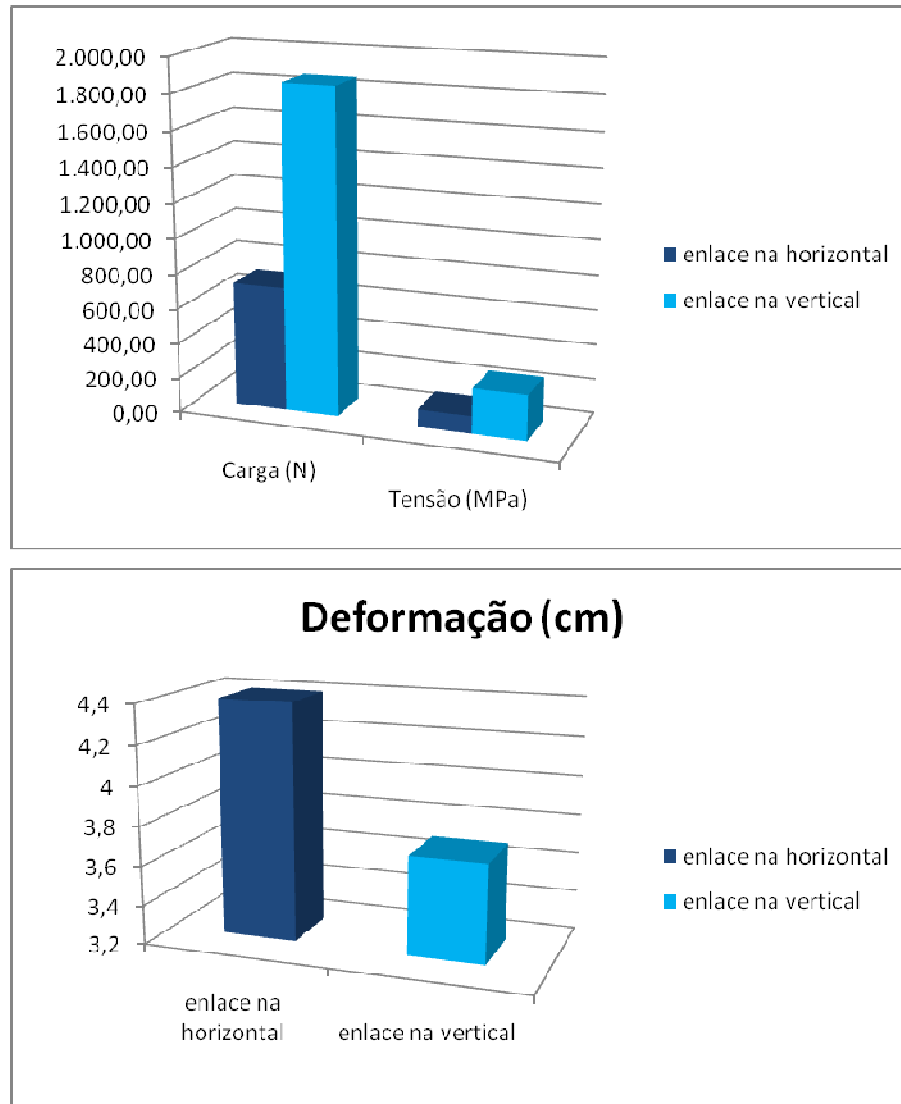
$$\text{Área de um fio} = \pi \times R^2 = 3,14 \times (0,71/2)^2 = 0,3957\text{mm}^2 = 0,003957\text{cm}^2$$

$$\text{Quantidade de fios na tela ensaiada} = 18 \text{ fios}$$

$$\text{Área estimada da tela} = 0,003957 \times 18 = 0,071226\text{cm}^2$$

Observou-se que na mudança de direção, da horizontal para a vertical, o modelo apresentou um aumento de 161,4% na capacidade de carga, 161,4% na resistência e uma redução de 11,6% na deformação, detalhe a ser observado no momento da locação em obra, resultados apresentados na Figura 44.

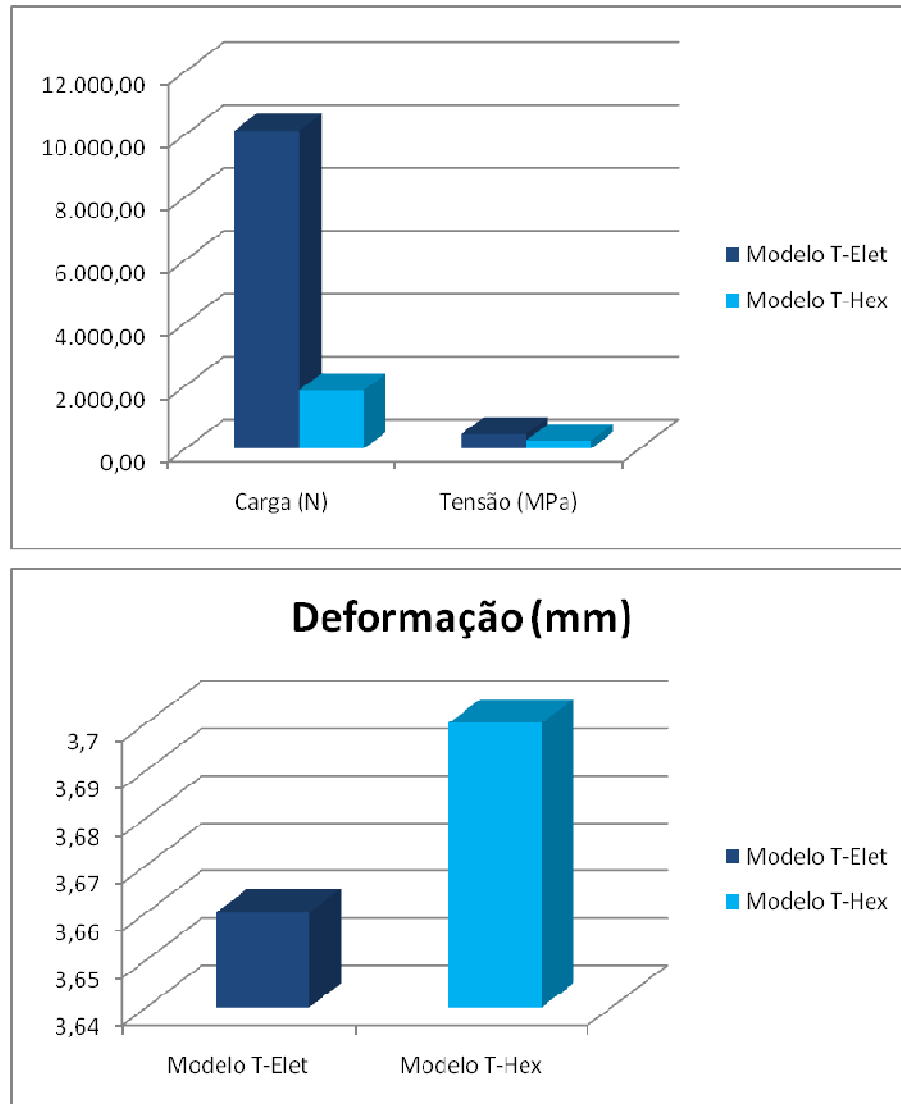
Figura 44 – Gráficos de comparações entre as direções do Modelo T-Hex.



Fonte: Autor

Comparado ao Modelo T-Elet, utilizando valores referentes à melhores direções dos modelos, notou-se que ocorreu uma redução na capacidade de carga de 445%, na resistência de 78,6% e um aumento de 6,5% na deformação, indicando Modelo T-Elet como melhor opção, apresenta-se na Figura 45.

Figura 45 – Gráficos de comparações entre os Modelos T-Elet e T-Hex.

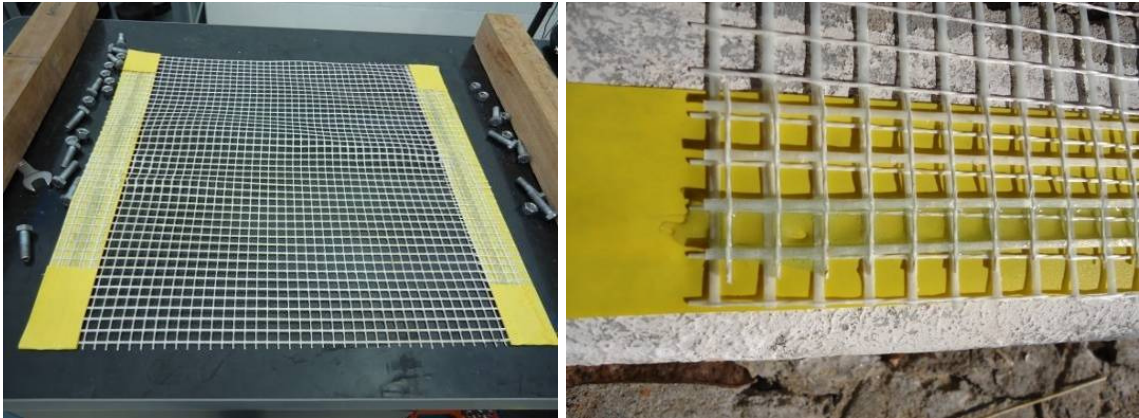


Fonte: Autor

- **Modelo T-FV**

Na primeira vez que se efetuou o ensaio com o modelo, observou-se que as fibras não rompiam, mas sim deslizavam pelo suporte, invalidando o ensaio. Para solucionar o problema resolveu-se unir as fibras com cola Epóxi. Colocou-se a tela de fibra de vidro sobre uma fita adesiva, em seguida aplicou-se a cola. Após a aplicação, aguardou-se o endurecimento da mesma. Antes de fixarmos a tela ao suporte, aplicou-se outra tira de fita adesiva sobre as fibras coladas. O processo está representado na Figura 46.

Figura 46 – Aplicação da cola Epóxi no Modelo T-FV.



Fonte: Autor

O uso da cola Epóxi apresentou bons resultados nos ensaios. O ensaio está representado na Figura 47 e os resultados no Quadro 09.

Figura 47 – Ensaio de tração da tela do Modelo T-FV.



Fonte: Autor

Quadro 09 – Ensaio de tração, Modelo T-FV.

Tela fibra de vidro	Cp	Carga (N)	Média (N)	Def. (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
Malha 1,0x1,0cm (45cm x 50cm)	1	6.684,4	7415,3	0,67	0,5566	120,1
	2	7.201,0		0,59	0,5566	129,4
	3	8.360,7		0,54	0,5566	150,2

Fonte: Autor

Valores de deformação não deveram ser considerados precisos.

Tensão calculada a partir da fórmula $T = \text{Carga} / \text{Área}$.

Valores aproximados (1Kgf = 10N – 1MPa = 10Kgf/cm²).

Área de um fio = $b \times h = 2,26 \times 0,56 = 1,2656\text{mm}^2 = 0,01265\text{cm}^2$

Quantidade de fios na tela ensaiada = 44 fios

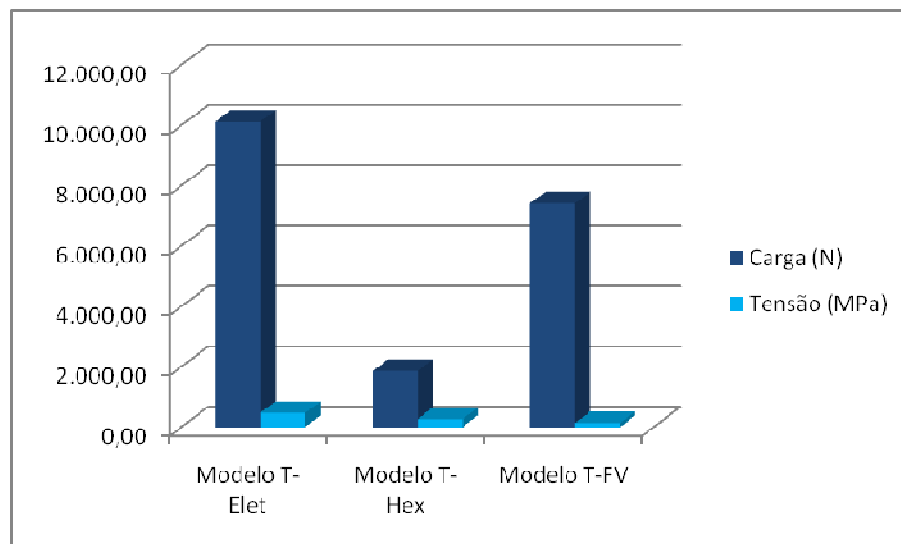
Área estimada da tela = $0,01265 \times 44 = 0,5566\text{cm}^2$

Observou-se grande semelhança nas características da tela e de seu fio componente, com alta capacidade de carga e resistência com baixa deformação. Compararam-se os resultados com o Modelo T-Elet (valores da tela na melhor direção) e, semelhante aos ensaios executados com os fios componentes teve-se uma redução, na capacidade de carga de 36,4%, na resistência de 249,4% e na deformação de 476,6%.

Em relação aos dados do Modelo T-Hex (valores da tela na melhor direção), manteve-se superior nos quesito, capacidade de carga com 299,6%, e ocorreu uma diminuição na deformação de 516,6% e na resistência de 95,5%.

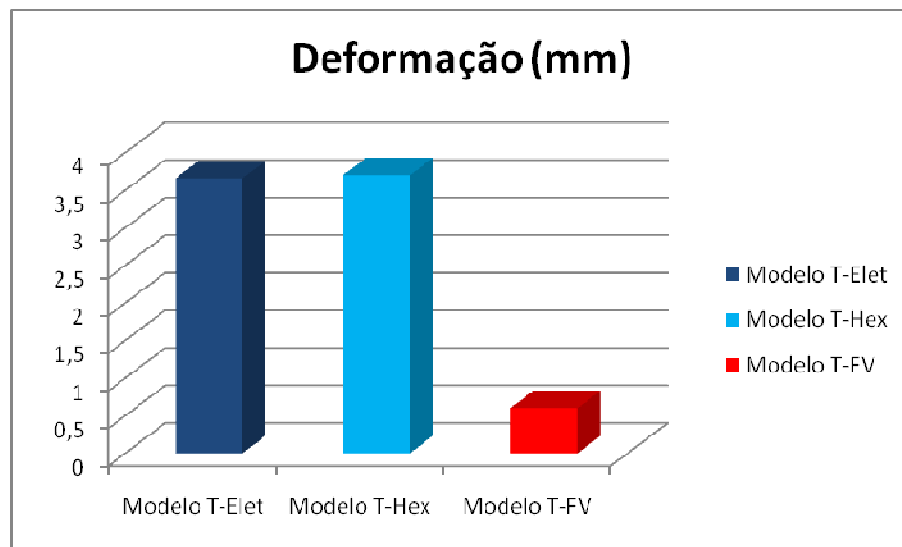
Quanto à deformação, o Modelo T-FV se destaca perante os Modelos T-Elet e T-Hex pelo seu baixo valor, sendo a melhor opção para combater fissuras e trincas em revestimentos argamassado, apresenta-se os resultados nas Figuras 48 e 49.

Figura 48 – Gráficos de comparações entre os Modelos T-Elet, T-Hex e T-FV.



Fonte: Autor

Figura 49 – Gráficos de comparações entre os Modelos T-Elet, T-Hex e T-FV (deformação).



Fonte: Autor

- **Modelo T-PVC**

A tela do Modelo T-PVC demonstrou-se muito deformável. A força atinge um ponto em que não se eleva mais e, nas duas situações, a deformação se manteve crescente. As Figuras 50 e 51 apresentam a execução do ensaio e os resultados seguem no Quadro 10.

Figura 50 – Ensaio de tração da tela do Modelo T-PVC, direção vertical.



Fonte: Autor

Figura 51 – Ensaio de tração da tela do Modelo T-PVC, direção horizontal.



Fonte: Autor

Quadro 10 – Ensaio de tração, Modelo T-PVC.

(45cm x 30cm)	Cp	Carga (N)	Média (N)	Def. (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
Tela PVC, (enlace na vertical)	1	558,8	499,1	15,00	0,3249	17,2
	2	432,3		15,00	0,3249	13,3
	3	506,1		15,00	0,3249	15,6
Tela PVC, (enlace na horizontal)	1	390,1	309,3	20,00	0,3249	12,0
	2	305,8		20,00	0,3249	9,4
	3	231,9		19,30	0,3249	7,1

Fonte: Autor

Valores de deformação não devem ser considerados precisos.

Tensão calculada a partir da fórmula $T = \text{Carga} / \text{Área}$.

Valores aproximados (1Kgf = 10N – 1MPa = 10Kgf/cm²).

No sentido vertical limitou-se em 15cm a deformação.

$$\text{Área de um fio} = b \times h = 1,63 \times 1,05 = 1,71\text{mm}^2 = 0,0171\text{cm}^2$$

$$\text{Quantidade de fios na tela ensaiada} = 19 \text{ fios}$$

$$\text{Área estimada da tela} = 0,0171 \times 19 = 0,3249\text{cm}^2$$

O Modelo T-PVC mostrou-se semelhante ao Modelo T-Hex, quanto à locação da tela. Quando a tela é locada com o nó na direção vertical torna-se mais resistente, que quando locada na direção horizontal.

Com os baixos valores obtidos nos ensaios do Modelo T-PVC, torna-o frágil para combater o surgimento de manifestações patológicas no revestimento argamassado de fachadas, principalmente pelo fato de possuir alta capacidade de deformação e baixa resistência.

8. TELAS COMO REFORÇO EM REVESTIMENTO ARGAMASSADO

Para efetuar estes ensaios utilizamos placas padrão ABNT NBR 14081-4:2014 simulando duas interfaces, alvenaria e estrutura de concreto. Para o ensaio de tração, desenvolveu-se um dispositivo para fixar a placa moldada na máquina, conforme Figura 52.

Os procedimentos como: perfuração, corte, fixação, limpeza e chapisco foram igualmente efetuados para as duas situações em que as telas foram ensaiadas.

Figura 52 – Suporte para fixação das placas na máquina de ensaio.



Fonte: Autor

A preparação das placas procedeu-se na seguinte sequência:

- Perfuração das placas: Desenvolveu-se um gabarito para a perfuração das placas, porém não se obteve sucesso, por não apresentar uma furação alinhada. Para solucionar esse problema, utilizou-se uma furadeira de bancada, onde também se fez uso de um gabarito, mais simples, para que não houvesse a necessidade de marcar a locação da perfuração placa por placa, conforme Figura 53.

Figura 53 – Furadeira de bancada e gabarito.



Fonte: Autor

- Corte das placas: Para simular uma situação real, repartiram-se as placas ao meio evitando que a resistência destas pudesse influenciar no resultado final. Para facilitar o corte desenvolveu-se um gabarito, conforme Figura 54.

Figura 54 – Dispositivo e procedimento de corte.



Fonte: Autor

- Fixação das placas: As placas foram fixadas em suportes, dimensionados para que a movimentação sofrida ao decorrer do processo não influencie nos resultados finais dos ensaios. A Figura 55 mostra a fixação da placa no suporte.

Figura 55 – Suporte de fixação das placas.



Fonte: Autor

- Execução do chapisco: Para aplicação do chapisco utilizou-se uma caixa de massa de PVC, um desempeno de PVC, uma colher de pedreiro e um desempeno denteado de 6x6x6mm. O foi utilizada uma quantidade de 2.200g de argamassa para 400ml de água, misturados na argamassadeira até uma completa homogeneização.

Para a aplicação da argamassa de chapisco, primeiramente fez-se a limpeza das placas utilizando ar comprimido e uma escova. Em seguida, efetuou-se a execução, demonstrados na Figura 56.

Figura 56 – Limpeza das placas e aplicação do chapisco.



Fonte: Autor

Após a execução da argamassa de chapisco nas placas, aguardou-se até a mesma adquirir resistência mecânica, para executar a camada de emboço. Segundo o fabricante, é necessário no mínimo três dias de cura. Esta sequência de execução foi seguida para as duas situações.

- Fixação das telas nas placas, em situação que a tela trabalhe como ponte de transmissão de tensões: Fixaram-se as telas nas placas simulando situação real em obra, no qual, geralmente, são fixadas através de pinos, projetados com dispositivo específico (finca pinos). Em laboratório executou-se essa fixação, com quatro parafusos com buchas 6mm, pelo fato das placas não suportarem ao impacto do dispositivo finca pino. As Figuras 57 e 58 demonstram a fixação da tela.

Figura 57 – Fixação das telas nas placas.



Fonte: Autor

Figura 58 – Telas fixadas nas placas.



Fonte: Autor

Para fins de comparação de resultados, moldaram-se três placas sem tela (M-ST) para verificar como a argamassa comportar-se-ia perante um esforço de tração.

- Aplicação do emboço nas placas, em situação que a tela trabalhe como ponte de transmissão de tensões: Após a cura da argamassa de chapisco, efetuou-se a aplicação do revestimento de camada única nas placas. Para igualar a pressão exercida pelos profissionais em obra, pressionou-se a argamassa em várias camadas, evitando assim a possibilidade de haver espaços vazios no centro do revestimento, permitindo interferências nos resultados. Foi utilizado 2.500g de argamassa industrializada para 400ml de água.

A Figura 59 apresenta a execução do revestimento de massa única. Após pressionar-se a argamassa entre a tela, colocou-se um gabarito para a execução do revestimento.

Figura 59 – Execução do revestimento.



Fonte: Autor

Após regularizar a argamassa com a colher de pedreiro fez-se o sarrafeamento, em seguida, retirou-se o gabarito e efetuou-se o acabamento.

- Aplicação da tela para estruturar a camada de revestimento nas placas: Para essa situação, a tela é acomodada no centro da camada de argamassa devendo ser ancorada com ganchos e buchas nas paredes, o que para estes ensaios não foi necessário. As telas foram simplesmente acomodadas no centro da camada de revestimento, pressionada na argamassa de modo que ficasse perfeitamente

preenchida, a Figura 60 demonstra a execução. O traço utilizado é idêntico ao da argamassa do ensaio descrito acima.

Figura 60 – Posição das telas como estruturação do revestimento.



Fonte: Autor

8.1 Revestimento argamassado moldado sem tela

Foram moldados três corpos de prova sem tela (M-ST) para poder comparar com os quatro modelos de telas utilizados para reforço neste trabalho. As Figuras 61 e 62 apresentaram a execução do ensaio e o Quadro 11 os resultados.

Figura 61 – Modelo M-ST, pronto para romper.



Fonte: Autor

Figura 62 – Modelo M-ST, rompidos.



Fonte: Autor

Quadro 11 – Ensaio de tração, Modelo M-ST.

Cp	Carga (N)	Largura (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
1	3.047,0	19,80	3,60	71,28	0,43
2	2.920,5	19,80	3,70	73,26	0,40
3	2.119,2	20,80	3,20	66,56	0,32
Tensão média verificada na amostra ensaiada					0,38

Fonte: Autor

Obtidos os resultados que serão utilizados para comparar com os moldes com telas, tanto em situações de ponte de transmissão de tensões quanto de estruturação da camada de revestimento argamassado.

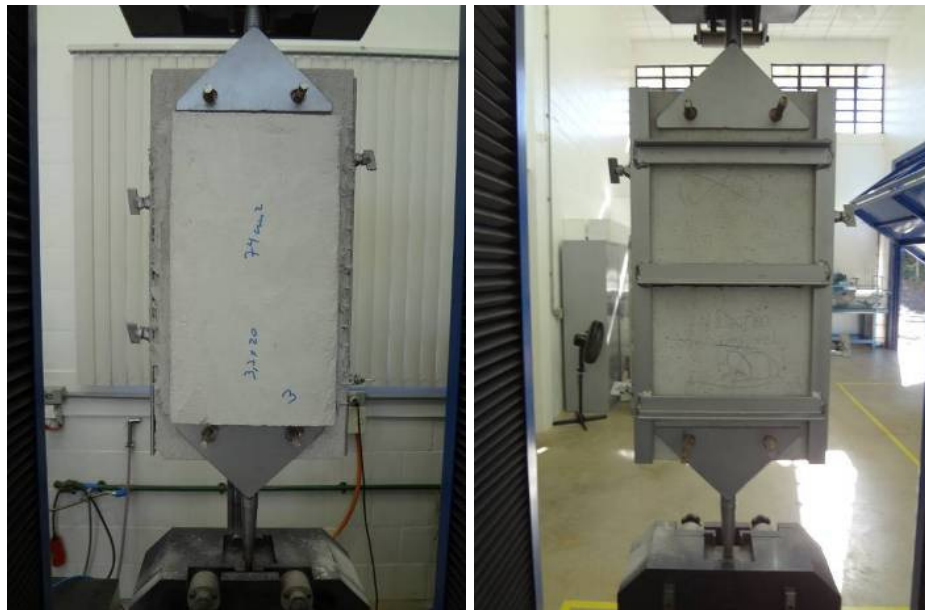
8.2 Revestimento argamassado moldado com telas posicionadas como ponte de transmissão de tensões

Com o término das moldagens dos corpos de prova, aguardou-se a cura por um período de 28 dias para se executar os ensaios.

- **Modelo T-Elet**

Após o tempo de cura, executaram-se os ensaios. O procedimento é apresentado nas Figuras 63 e 64, em seguida os resultados no Quadro 12.

Figura 63 – Corpo de prova pronto para romper – Modelo T-Elet.



Fonte: Autor

Figura 64– Corpos de prova rompidos – Modelo T-Elet.



Fonte: Autor

Quadro 12 – Ensaio de tração, tela como ponte de transmissão de tensões – Modelo T-Elet.

Cp	Carga (N)	Largura (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
1	4.491,4	19,90	3,70	73,63	0,61
2	5.008,0	20,80	3,70	76,96	0,65
3	5.250,5	20,00	3,70	74,00	0,71
Tensão média verificada na amostra ensaiada					0,66

Fonte: Autor

A tela do Modelo T-Elet representou um aumento médio de 73,7% de resistência a tração, em relação ao Modelo M-ST, confirmando ser uma adequada opção de reforço.

- **Modelo T-Hex**

A execução do ensaio esta representada nas Figuras 65 e 66 e os resultados no Quadro 13.

Figura 65 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-Hex.



Fonte: Autor

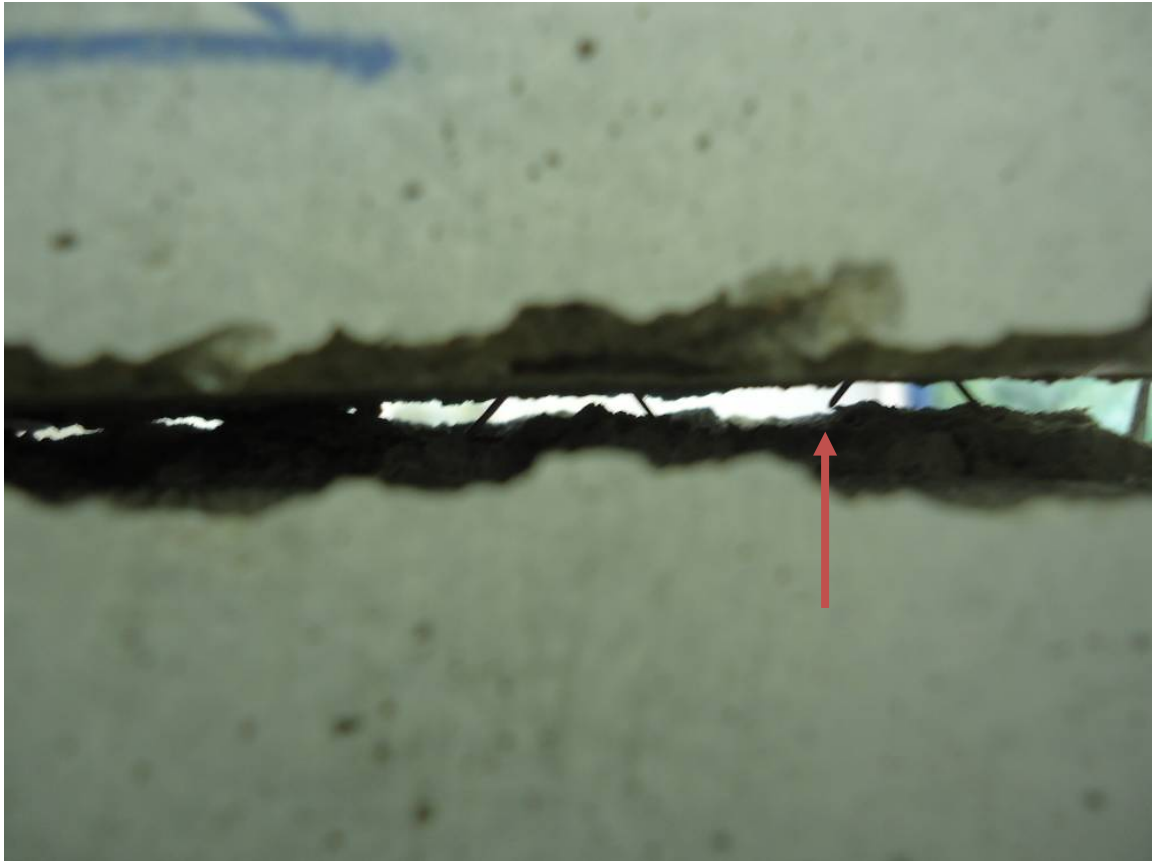
Figura 66 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-Hex.



Fonte: Autor

Ao contrário do Modelo T-Elet, o Modelo T-Hex teve seus fios rompidos parcialmente, a Figura 67 apresenta esses detalhes.

Figura 67 – Detalhes dos corpos de prova rompidos – Modelo T-Hex.



Fonte: Autor

Quadro 13 – Ensaio de tração, tela como ponte de transmissão de tensões – Modelo T-Hex.

Cp	Carga (N)	Largura (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
1	2.741,2	20,00	3,50	70,00	0,39
2	3.626,9	20,00	3,60	72,00	0,50
3	2.572,5	20,00	3,80	76,00	0,34
Tensão média verificada na amostra ensaiada					0,41

Fonte: Autor

O Modelo T-Hex representou um aumento médio de 7,9% de resistência a tração, comparado ao Modelo M-ST, valor imperceptível se comparado ao reforço que o Modelo T-Elet representa.

- **Modelo T-FV**

Diferente dos ensaios em que o Modelo T-FV trabalhou isolado (ponte de transmissão de tensões), quando foi solidarizado com a argamassa esse modelo mostrou resultados mais consistentes, as Figuras 68 e 69 apresentam a execução do ensaio e o Quadro 14 os resultados.

Figura 68 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-FV.



Fonte: Autor

Figura 69 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-FV.



Fonte: Autor

Quadro 14 – Ensaio de tração, tela como ponte de transmissão de tensões – Modelo T-FV.

Cp	Carga (N)	Largura (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
1	4.227,8	19,80	3,60	71,28	0,59
2	4.681,2	19,75	3,70	73,07	0,64
3	4.501,9	20,00	3,70	74,00	0,60
Tensão média verificada na amostra ensaiada					0,61

Fonte: Autor

O Modelo T-FV representou um aumento médio de 60,5% de resistência a tração, comparado com o Modelo M-ST, mostrou-se um reforço muito eficaz para o revestimento argamassado, principalmente o do tipo RDM. Comparado com o Modelo T-Elet há pouca diferença, pois representou um valor de 7,6% menor de resistência a tração.

Em termos de reforço, com a tela locada como ponte de transmissão de tensões os Modelos T-Elet e T-FV praticamente se igualam, podendo diferenciar-se no custo e na reação contra agentes agressores.

- **Modelo T-PVC**

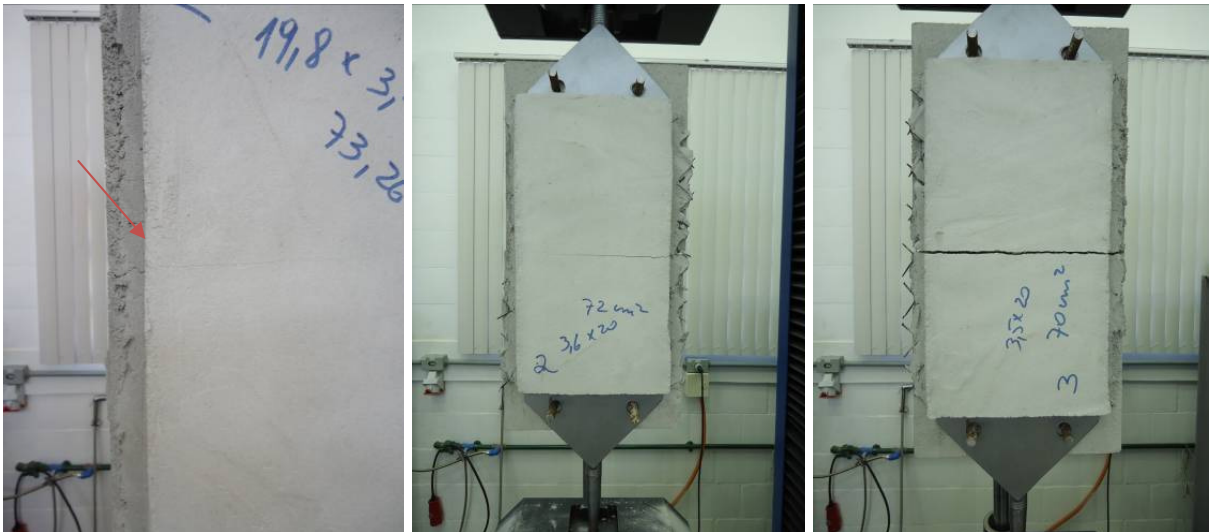
As Figuras 70 e 71 apresentam a execução dos ensaios e o Quadro 15 os resultados.

Figura 70 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-PVC.



Fonte: Autor

Figura 71 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-PVC.



Fonte: Autor

Quadro 15 – Ensaio de tração, tela como ponte de transmissão de tensões – Modelo T-PVC.

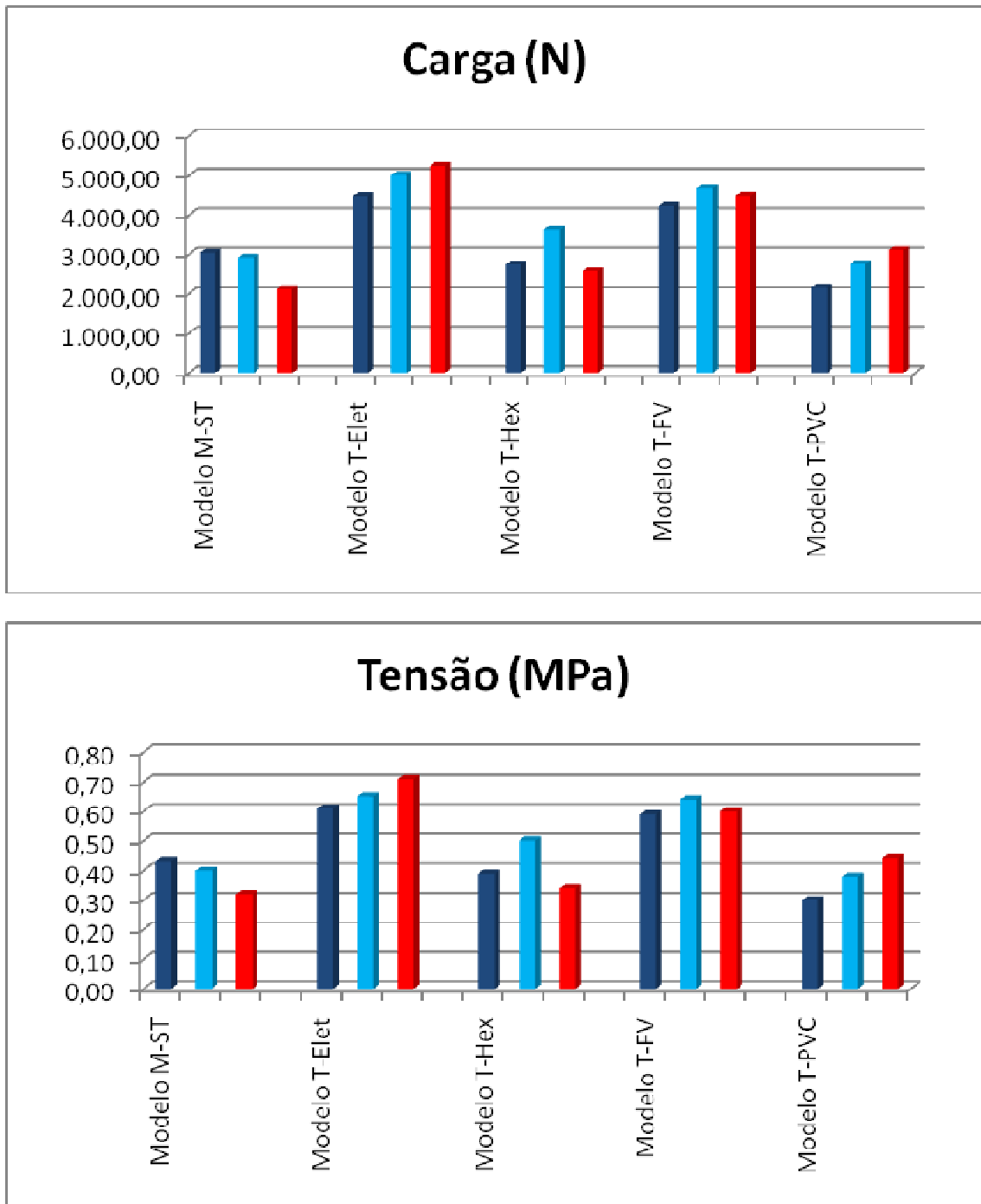
Cp	Carga (N)	Largura (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
1	2.161,4	19,80	3,70	73,26	0,30
2	2.751,8	20,00	3,60	72,00	0,38
3	3.110,2	20,00	3,50	70,00	0,44
Tensão média verificada na amostra ensaiada					0,37

Fonte: Autor

O Modelo T-PVC representou uma diminuição média de 2,6% de resistência a tração confirmando, o que já se concluiu nos ensaios anteriores, do fio componente e da tela, que além de ser um material muito deformável, trabalhando em conjunto com o revestimento, este modelo diminui as características do revestimento ocupando espaço no interior da argamassa.

A Figura 72 apresenta a comparações dos resultados obtidos com os ensaios com a tela posicionada como ponte de transmissão de tensões, em moldes revestidos com argamassa.

Figura 72 – Gráficos de comparações entre os Modelos posicionados como ponte de transmissão de tensões.



Fonte: Autor

8.3 Revestimento argamassado moldado com telas como estrutura da camada de argamassa

Com função de estruturar a camada de revestimento, em situações que a espessura da camada atingiu medidas elevadas, evitando fissuras, trincas e posteriormente deslocamento do substrato. Ensaíram-se três moldes para cada modelo de tela, os resultados foram:

- **Modelo T-Elet**

As Figuras 73 e 74 apresentam a realização do ensaio e os resultados seguem no Quadro 16.

Figura 73 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-Elet.



Fonte: Autor

Figura 74 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-Elet.



Fonte: Autor

Quadro 16 – Ensaio de tração, tela como estruturação da camada do revestimento – Modelo T-Elet.

Cp	Carga 01	Carga 02	Largura (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
1	1.890,0	4.417,6	20,50	3,40	69,70	0,63
2	2.180,0	4.364,9	20,30	3,50	71,05	0,61
3	1.800,0	4.238,4	20,40	3,60	73,44	0,58
Tensão média verificada na amostra ensaiada						0,61

Fonte: Autor

Carga 01 (N) é a primeira ruptura (valor estimado). Rompe o revestimento por trás até a tela.

Carga 02 (N) é a ruptura total do revestimento. Essa foi a carga utilizada para dimensionar a resistência.

Nesta situação observou-se que ao ser tracionado o revestimento sofre uma primeira ruptura, na parte posterior do revestimento, na linha em que o esforço é efetuado (Figura 75). Essa ruptura é contida pela tela, fazendo com que o revestimento suporte mais carga, até seu rompimento por completo, como apresentado na Figura 74.

Figura 75 – Ruptura no lado posterior da placa revestida.



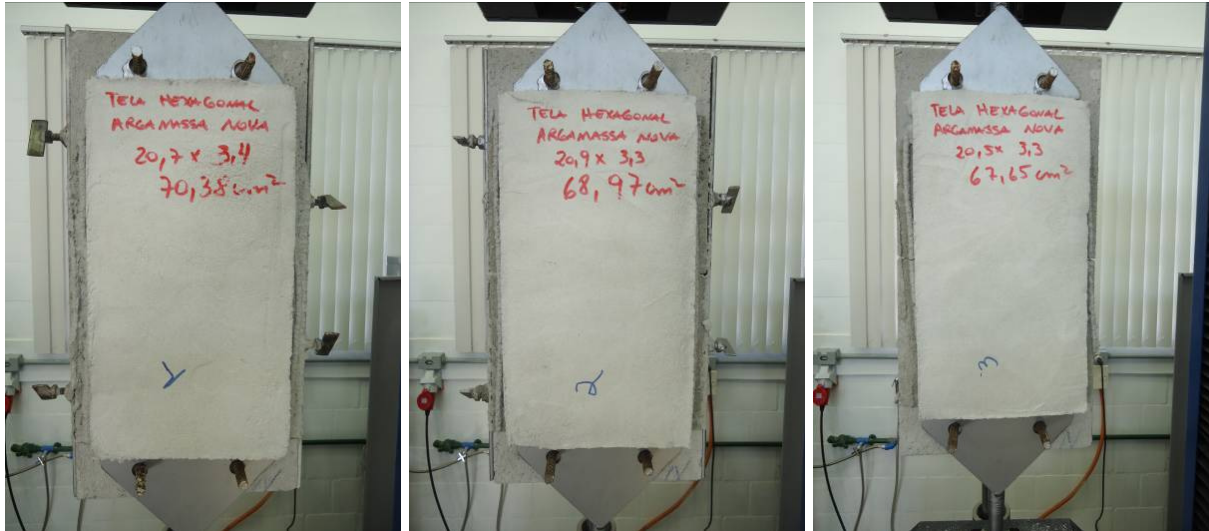
Fonte: Autor

Apresentando um aumento médio de 60,5% de resistência a tração comparado com o Modelo M-ST, o Modelo T-Elet é uma opção eficaz na estruturação das camadas de revestimento.

- **Modelo T-Hex**

As Figuras 76, 77 e 78 apresentam a realização do ensaio e os resultados seguem no Quadro 17.

Figura 76 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-Hex.



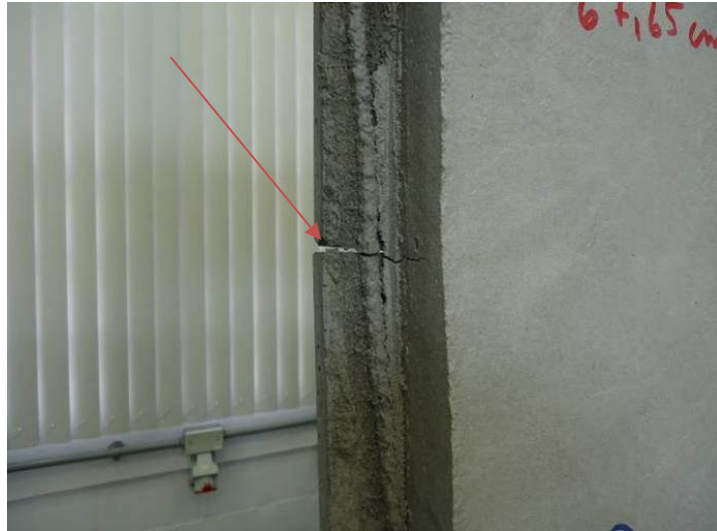
Fonte: Autor

Figura 77 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-Hex.



Fonte: Autor

Figura 78 – Corpo de prova rompido – Modelo T-Hex.



Fonte: Autor

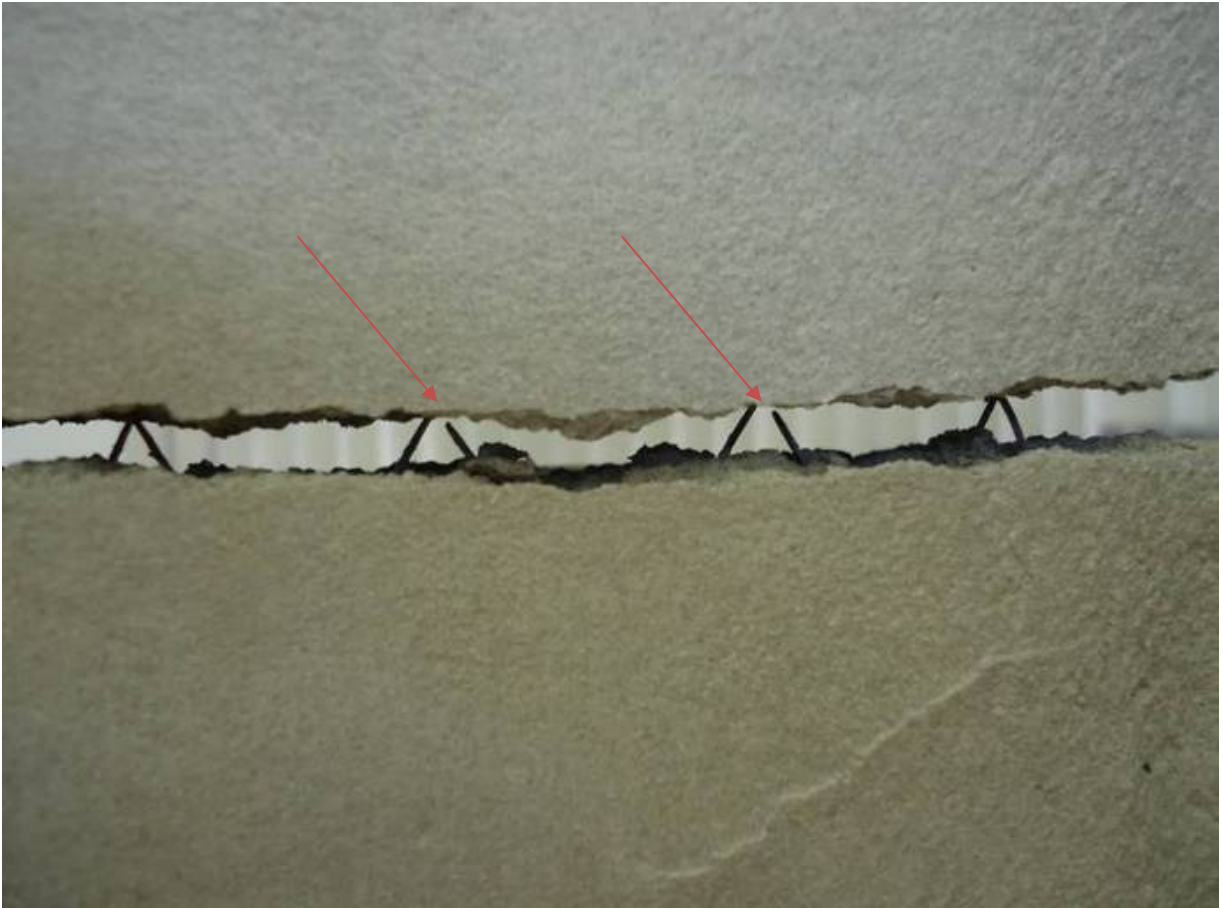
Quadro 17 – Ensaio de tração, tela como estruturação da camada do revestimento – Modelo T-Hex.

Cp	Carga (N)	Largura (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
1	2.024,3	20,70	3,40	70,38	0,29
2	2.129,7	20,90	3,30	68,97	0,31
3	1.328,4	20,50	3,30	67,65	0,20
Tensão média verificada na amostra ensaiada					0,26

Fonte: Autor

O Modelo T-Hex se mostrou muito frágil, devido o atrito com a argamassa o fio não chegou a deformar-se, fazendo com que em todos os moldes o fio componente se rompa com a primeira carga. A Figura 79 apresenta detalhe do rompimento.

Figura 79 – No Modelo T-Hex, fios rompidos junto com o revestimento.



Fonte: Autor

Por possuir um fio muito fino, o Modelo T-Hex não gerou um reforço, mas sim, enfraqueceu o revestimento. O Modelo T-Hex representou uma diminuição média de 31,6% de resistência a tração se comparado com o Modelo M-ST, tornando-se inviável sua utilização como estruturação de revestimento argamassado.

- **Modelo T-FV**

As Figuras 80 e 81 apresentam a execução do ensaio e os resultados são descritos no Quadro 18.

Figura 80 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-FV.



Fonte: Autor

Figura 81 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-FV.



Fonte: Autor

Quadro 18 – Ensaio de tração, tela como estruturação da camada do revestimento – Modelo T-FV.

Cp	Carga 01	Carga 02	Largura (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
1	3.479,2	2.235,2	20,50	3,60	73,80	0,47
2	3.152,4	2.003,2	20,90	3,60	75,24	0,42
3	3.057,5	3.416,0	20,60	3,70	76,22	0,40
Tensão média verificada na amostra ensaiada						0,43

Fonte: Autor

Carga 01 (N) é a primeira ruptura (para o ensaio). Rompe o revestimento por trás até a tela. Utilizou-se essa carga para o dimensionamento da resistência.

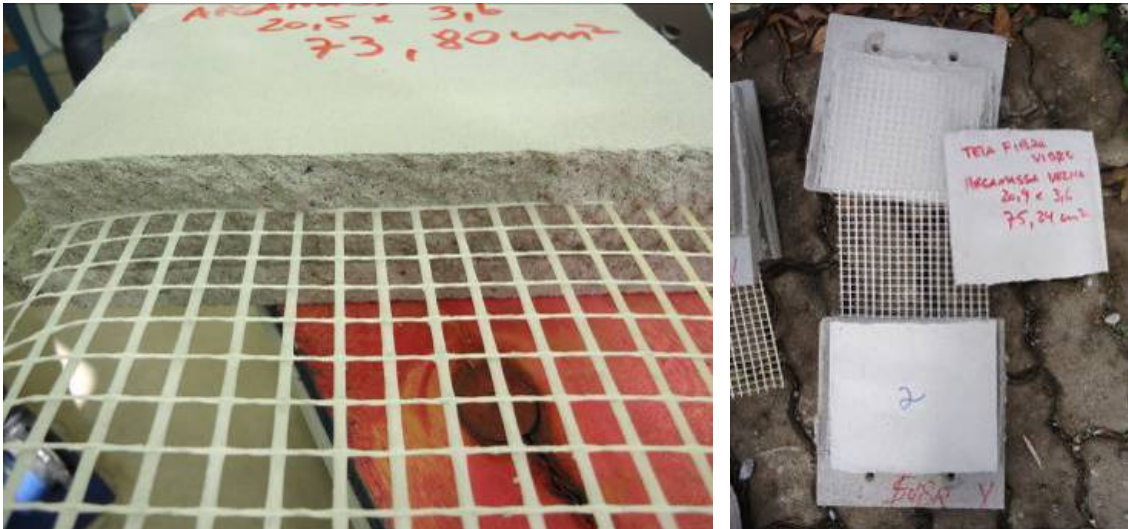
Carga 02 (N) é a segunda carga necessária para ruptura total do revestimento.

O Modelo T-FV apresentou resultados satisfatórios, comparado ao Modelo M-SR, representou um aumento médio de 13,2% de resistência a tração. Confrontando com o Modelo T-Elet, se teve uma diminuição de 29,5% na resistência à tração, mantendo-o como segunda opção para revestimentos argamassados, que não possam sofrer manchas devido à ferrugem.

A tela de fibra de vidro possui uma malha muito fechada, mesmo compactando a argamassa, no momento da execução, a tela agiu como um divisor do revestimento. No momento da aplicação da segunda carga a tela ficou fixa em um lado do molde, e no outro agiu como uma lamina separando o revestimento em duas partes. A tela não chegou a romper, mas os valores obtidos são semelhantes ao encontrado nos outros ensaios efetuados, no fio e na tela.

A tela do Modelo T-FV para ter uma maior eficiência necessariamente deverá possuir uma malha mais aberta. A Figura 82 apresenta a situação expressa acima.

Figura 82 – Cisalhamento observado do revestimento pela tela de fibra de vidro.



Fonte: Autor

- **Modelo T-PVC**

As Figuras 83 e 84 apresentam a execução do ensaio e os resultados são descritos no Quadro 19.

Figura 83 – Corpos de prova pronto para romper – Modelo T-PVC.



Fonte: Autor

Figura 84 – Corpos de prova rompidos – Modelo T-PVC.



Fonte: Autor

Quadro 19 – Ensaio de tração, tela como estruturação da camada do revestimento – Modelo T-PVC.

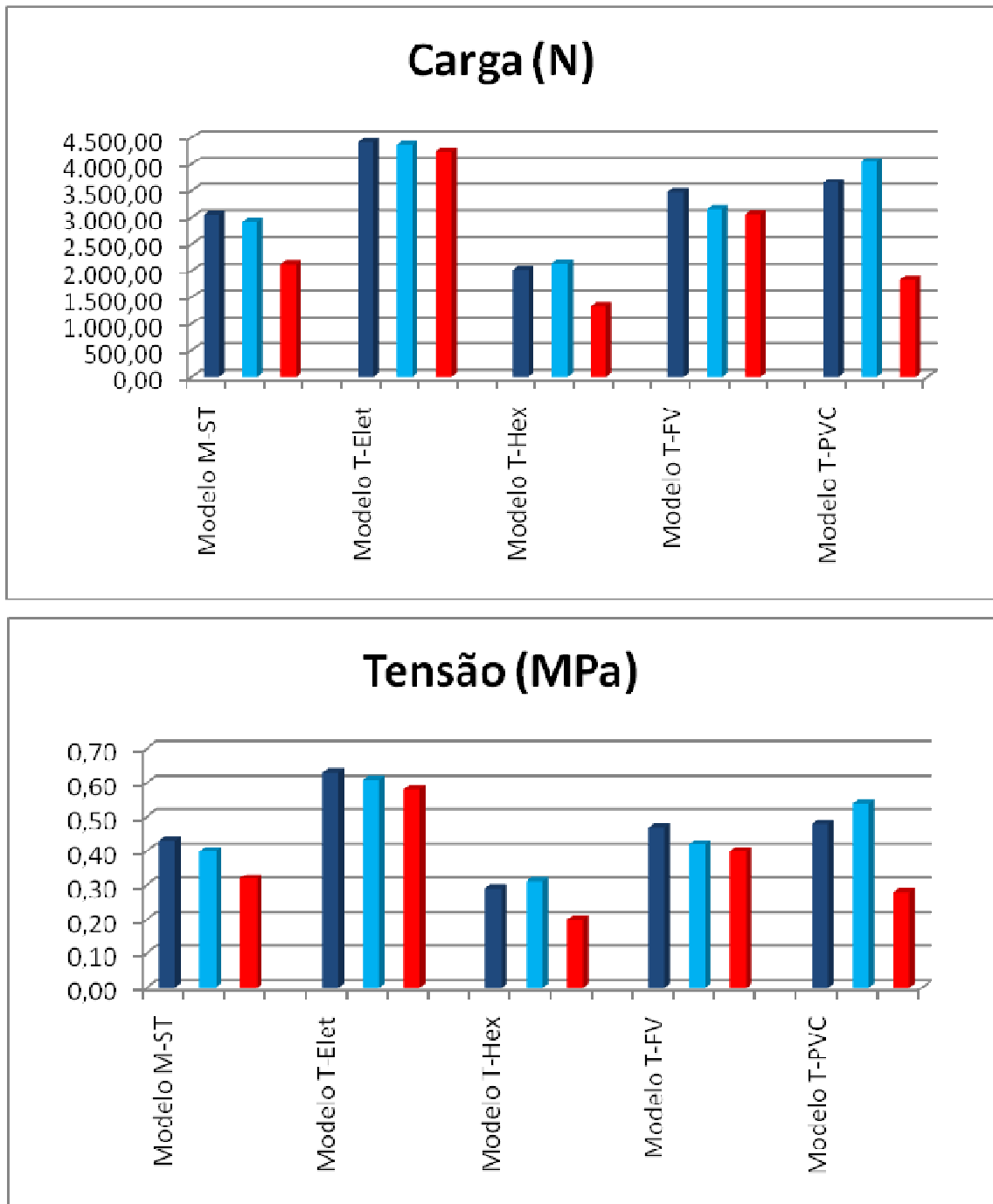
Cp	Carga (N)	Largura (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tensão (MPa)
1	3.658,5	20,50	3,70	75,85	0,48
2	4.048,6	20,40	3,70	75,48	0,54
3	1.824,0	20,60	3,20	65,92	0,28
Tensão média verificada na amostra ensaiada					0,43

Fonte: Autor

O Modelo T-PVC apresentou resultados distintos. Em uma primeira avaliação obtêm-se um resultado não real, pela diferença entre os valores, quando comparado aos outros ensaios efetuados com o mesmo material.

Comparando o Modelo T-PVC com o Modelo M-ST, aquele representou um aumento médio de 13,2% de resistência a tração. Em relação ao Modelo T-PVC pode-se concluir que a fibra de vidro possui uma capacidade de resistência à tração igual à malha de PVC. Analisando os valores do Modelo T-PVC com o Modelo T-Elet também ocorre a perda de 29,5% da capacidade resistente à tração do sistema, mantendo com absoluta convicção que o melhor Modelo permanece sendo o T-Elet. Mesmo tendo resultados consideráveis, o Modelo T-PVC não suportou a primeira carga e rompeu direto, mostrando a ineficiência do material. A Figura 85 apresenta as comparações entre os modelos de telas posicionadas como estruturação da camada de argamassa.

Figura 85 – Gráficos de comparações entre os Modelos posicionados como estruturação da camada de argamassa.



Com o termino das verificações e análises, os Quadros 20 e 21 demonstram um resumo dos resultados para melhor entendimento e comparação.

Quadro 20 – Resultados dos ensaios com a tela posicionada como ponte de transmissão de tensões.

Mod.	Cp	Área (cm ²)	Carga (N)	Média (N)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desv. Pad.	%
T-Elet	1	73,63	4.491,4	4.916,6	0,61	0,66	0,05	73,7
	2	76,96	5.008,0		0,65			
	3	74,00	5.250,5		0,71			
T-Hex	1	70,00	2.741,2	2.980,2	0,39	0,41	0,08	7,9
	2	72,00	3.626,9		0,50			
	3	76,00	2.572,5		0,34			
T-FV	1	71,28	4.227,8	4.470,3	0,59	0,61	0,02	60,5
	2	73,07	4.681,2		0,64			
	3	74,00	4.501,9		0,61			
T-PVC	1	73,26	2.161,4	2.674,5	0,30	0,37	0,07	-2,6
	2	72,00	2.751,8		0,38			
	3	70,00	3.110,2		0,44			
M-ST	1	71,28	3.047,0	2.695,6	0,43	0,38	0,06	-
	2	73,26	2.920,5		0,40			
	3	66,56	2.119,2		0,32			

% = diferença de resistência do reforço das telas para a situação sem sua utilização.

Seção de ruptura = 20 x 3,5 cm.

Quadro 21 – Resultados dos ensaios com a tela posicionada como estruturação da camada de argamassa.

Mod.	Cp	Área (cm ²)	Carga (N)	Média (N)	Tensão (MPa)	Média (MPa)	Desv. Pad.	%
T-Elet	1	69,70	4.417,6	4.340,3	0,63	0,61	0,03	60,5
	2	71,05	4.364,9		0,61			
	3	73,44	4.238,4		0,58			
T-Hex	1	70,38	2.024,3	1.827,5	0,29	0,26	0,06	-31,6
	2	68,97	2.129,7		0,31			
	3	67,65	1.328,4		0,20			
T-FV	1	73,80	3.479,2	3.229,7	0,47	0,43	0,04	13,2
	2	75,24	3.152,4		0,42			
	3	76,22	3.057,5		0,40			
T-PVC	1	75,85	3.658,5	3.177,0	0,48	0,43	0,14	13,2
	2	75,48	4.048,6		0,54			
	3	65,92	1.824,0		0,28			
M-ST	1	71,28	3.047,0	2.695,6	0,43	0,38	0,06	-
	2	73,26	2.920,5		0,40			
	3	66,56	2.119,2		0,32			

% = diferença de resistência do reforço das telas para a situação sem reforço.

Seção de ruptura = 20 x 3,5 cm.

9. CONCLUSÃO

Concluídos os ensaios de aplicação de esforços de tração, nos fios componentes, nas telas isoladas e, como reforço do revestimento argamassado locada como ponte de transmissão de tensões, bem como locada para estruturação da camada de argamassa, além de moldes revestidos com argamassa sem reforço de tela, analisaram-se todos os resultados e conclui-se que:

- O Modelo T-Elet apresentou bons resultados quanto a capacidade de carga, resistência e deformação, se considerarmos que os esforços gerados pelas movimentações sofridas pelo revestimento precisaram ser muito elevadas. O Modelo T-Elet mostrou-se uma boa opção para reforço de revestimento que não sejam pigmentados.

- O Modelo T-Hex mostrou-se muito imprevisível, pelo fato de possuir um diâmetro de fio menor, comparado aos demais. Nos ensaios em que o fio trabalhou sozinho, seus resultados são consideráveis, mas ao ser utilizado com a argamassa este não conseguiu deformar-se, e na situação de estruturação da camada do revestimento chegou a valores abaixo do Modelo M-ST. Portanto o Modelo T-Hex mostra-se um material incapaz de resistir aos esforços sofridos pelo revestimento.

- O Modelo T-FV quando posicionado para atuar como ponte de transmissão de tensões, obteve bons resultados principalmente quanto a deformação, entre todos os modelos teve o melhor desempenho. Quando utilizado como estruturação da camada do revestimento, devido à dimensão da sua malha, não obteve um bom aproveitamento, necessitando possuir uma malha mais aberta. Contudo é uma opção largamente empregada para revestimento RDM ou Monocapa.

- O Modelo T-PVC é o material menos aconselhável para utilizar em revestimentos argamassados de fachada. Em primeiro lugar, mostrou resultados muito distintos e uma capacidade de deformação muito elevada. Assim, tornando-se inviável sua utilização, além de não se ter subsídios técnicos quanto sua deterioração em ambiente alcalino como as argamassas.

Ao final do trabalho realizado, ensaiando elementos à tração simples, pode-se apontar que os tipos de telas, denominados Modelos T-Elet e T-FV, são as melhores opções existentes no mercado brasileiro, para reforço em revestimentos argamassados de fachadas. Evidente que há materiais diferentes sendo utilizados no exterior, logo que poderão surgir novos materiais para essa finalidade, sendo,

portanto, necessário a realização de caracterizações mais consistentes quanto ao desempenho dos mesmos em aplicações específicas.

Julgando ser de grande importância o reforço do revestimento argamassado, a partir das conclusões obtidas deste trabalho, sugere-se o estudo do comportamento do revestimento com reforço das telas e sem as telas, perante as movimentações térmicas das fachadas. Para essa pesquisa pode-se utilizar os dois melhores modelos de telas apontadas nesta pesquisa, junto com fibras (utilizadas para combater esforços de tração em pisos de concreto). Fazendo medições em momentos diferentes, para observar sua movimentação natural, e após 28 dias, ensaios submetendo o revestimento argamassado a variações térmicas de grande amplitude, obtendo assim uma forma de combater as manifestações patológicas decorrentes da influência da temperatura.

Ainda utilizando essa linha de pesquisa podem-se pesquisar materiais que possam resistir a esforços de cisalhamento gerados pelas movimentações térmicas, principalmente nos últimos pavimentos dos edifícios.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Giselle Reis; MASUERO, Ângela Borges. **Proposição de ensaio de resistência a tração de tela metálica adotada no reforço de argamassa.** X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLANDE (ABCP). **Guia básico de utilização do cimento Portland**, 7ª ed. São Paulo, 2002. (BT -106)

_____. **Manual de revestimentos de argamassa.** ABCP, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276:2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 13277:2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

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

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

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

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

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

_____. **NBR 13749:2013 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificações.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR 14081-4:2012 – Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Parte 4 – Determinação da resistência de aderência à tração.** Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 15258:2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação de resistência potencial de aderência à tração.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

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

BAÍÁ, Luciana L. M.; SABBATINI, Fernando H. **Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa.** 4ª ed. CTE, São Paulo: O Nome da Rosa, 2008, 87p.

BANDUK, Ragueb C.; CEOTTO, Luiz Henrique; NAKAKURA, Elza Hissae. **Revestimentos de Argamassas, Boas Práticas em Projeto, Execução e Avaliação.**Habitare, Programa de tecnologia de habitação. Vol. 1. 2005.

BAUER, Roberto José Falcão. **Falhas em revestimentos.** 2012

BAUER, Roberto José Falcão. **Materiais de Construção.** 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

COSTA, Pedro Laranja d'Araujo. **Patologias do processo executivo de revestimento de fachada de edifícios.** 2013.

FIORITO, Antonio J. S. I. . **Manual de argamassas e revestimentos.** 2ª Ed. 2010.

GOMES, Adailton de Oliveira; NEVES, Célia; SOUZA, Sérgio Lucas Mateus; **Utilização de telas em sistemas de revestimentos com argamassa.** 2011

GONZÁLEZ, Felipe Mendes; **Trincas e fissuras em revestimentos argamassados de fachadas: avaliação de campo em edifícios na cidade de salvador.** Universidade Estadual de Feira de Santana. 2010.

GRIPP, Ronaldo Assis. **A Importância do projeto de revestimento de fachadas, para a redução de patologias.** 2008. Escola de Engenharia UFMG.

GUERRA, Ms. João. Retificado por: Alberto Matos (nº 18902) e Jorge Ferreira (nº 18912). **Materiais de Construção II.** Universidade Fernando Pessoa. Porto, Portugal. 2010.

HAGEMANN, Sabrina Elicker; **Apostila de Materiais de Construção Básicos.** 2011/2.

ISAIA, Geraldo C.. **Materiais de Construção Civil e princípio de ciência e engenharia de materiais.** IBRACON. In: BATTAGIN, Arnaldo Forti; BATTAGIN, Inês Laranjeira da Silva. O Cimento Portland no Brasil. 2010.

_____. IBRACON. In: CARASEK, Helena. Argamassas. 2010.

_____. IBRACON. In: CINCOTTO, Maria Alba; QUARCIONI, Valdecir Ângelo; JOHN, Vanderley Moacyr. Cal na Construção Civil. 2010.

JUNIOR, Solano Alves Pereira; **Procedimento executivo de revestimento externo em argamassa.** Faculdade de Engenharia da UFMG, 2010.

LEAL, Márcio Manuel Rodrigues. **Desenvolvimento de argamassa de revestimento com comportamento térmico melhorado**. Instituto Politécnico de Setúbal. 2012

MACIEL, Luciana Leone; BARROS, Mércia M. S. Bottura; SABBATINI, Fernando Henrique. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas, externas e tetos**. São Paulo, 1998.

MANUAL DE REVESTIMENTO DE FACHADAS. Comunidade da Construção – Sistemas à base de cimento. Salvador. 2006.

ROSCOE, Márcia Taveira. **PATOLOGIAS EM REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADA**. Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Engenharia Departamento de Engenharia de Materiais e Construção Curso de Especialização em Construção Civil. 2008.

SANTOS, Heraldo Barbosa dos. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. Escola de Engenharia da UFMG. 2008.

SANTOS, Marcus Daniel Friederich; POZZOBON, Marco Antônio; CIOCCARI, Leandro Pogli. **Utilização de telas metálicas em revestimento de argamassa**. 2012.

ANEXO A – Tabelas da ABNT NBR 13281:2005 – Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.

Tabela 01 – Resistência à compressão.

Classe	Resistência à compressão (MPa)	Método de ensaio
P1	≤ 2,0	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	>8,0	

Tabela 02 – Densidade de massa aparente no estado endurecido.

Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido (Kg/m ³)	Método de ensaio
M1	≤ 1200	ABNT NBR 13280
M2	1000 a 1400	
M3	1200 a 1600	
M4	1400 a 1800	
M5	1600 a 2000	
M6	>1800	

Tabela 03 – Resistência à tração na flexão.

Classe	Resistência à tração na flexão (MPa)	Método de ensaio
R1	≤ 1,5	ABNT NBR 13279
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	
R5	2,7 a 4,5	
R6	>3,5	

Tabela 04 – Coeficiente de capilaridade.

Classe	Coeficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})	Método de ensaio
C1	≤ 1,5	ABNT NBR 15259
C2	1,0 a 2,5	
C3	2,0 a 4,0	
C4	3,0 a 7,0	
C5	5,0 a 12,0	
C6	>10,0	

Tabela 05 – Densidade de massa no estado fresco.

Classe	Densidade de massa no estado fresco (Kg/m ³)	Método de ensaio
D1	≤ 1400	ABNT NBR 13278
D2	1200 a 1600	
D3	1400 a 1800	
D4	1600 a 2000	
D5	1800 a 2200	
D6	>2000	

Tabela 06 – Retenção de água.

Classe	Retenção de água (%)	Método de ensaio
U1	≤ 78	ABNT NBR 13277
U2	72 a 85	
U3	80 a 90	
U4	86 a 94	
U5	91 a 97	
U6	95 a 100	

Tabela 07 – Resistência potencial de aderência à tração.

Classe	Resistência potencial de aderência à tração (MPa)	Método de ensaio
A1	< 0,20	ABNT NBR 15258
A2	≥ 0,20	
A3	≥ 0,30	

ANEXO B – Tabelas com os resultados dos ensaios de tração dos elementos analisados.

Fio componente do Modelo 1						
Fio	Cp	Área* (cm ²)	Deformação (cm)	Carga (N)	Média (N)	Tensão (MPa)
Espessura 1,24mm (50cm) (acab. ao acab.)	1	0,01207	6,80	601,0	597,5	497,9
	2	0,01207	8,20	590,4		489,1
	3	0,01207	7,20	601,0		497,9
Espessura 1,24mm (45cm) (Sentido do rolo.)	1	0,01207	8,20	558,8	569,3	463,0
	2	0,01207	6,60	579,9		480,4
	3	0,01207	5,90	569,3		471,7

Área* = Seção circular.

Fio liso						
Fio	Cp	Área* (cm ²)	Deformação (cm)	Carga (N)	Média (N)	Tensão (MPa)
Espessura 1,24mm (50cm)	1	0,01207	8,50	622,0	615,0	515,3
	2	0,01207	7,90	611,5		506,6
	3	0,01207	8,60	611,5		506,6

Área* = Seção circular.

Fio componente do Modelo 2						
Fio	Cp	Área* (cm ²)	Deformação (cm)	Carga (N)	Média (N)	Tensão (MPa)
Espessura 0,71mm (50cm)	1	0,003957	6,60	158,1	161,6	399,5
	2	0,003957	8,50	158,1		399,5
	3	0,003957	7,80	168,7		426,3

Área* = Seção circular.

Fio componente do Modelo 3						
Fio	Cp	Área* (cm ²)	Deformação (cm)	Carga (N)	Média (N)	Tensão (MPa)
Comprimento (50cm)	1	0,0126	0,08	263,6	302,2	209,2
	2	0,0126	0,05	253,0		200,8
	3	0,0126	0,09	390,1		309,6

Área* = Seção retangular = b x h = 2,26 x 0,56mm.

Fio componente do Modelo 4						
Fio	Cp	Área* (cm ²)	Deformação (cm)	Carga (N)	Média (N)	Tensão (MPa)
Espessura 2,55mm (50cm)	1	0,0171	13,70	31,6	28,1	18,5
	2	0,0171	12,50	21,1		12,3
	3	0,0171	30,00	31,6		18,5

Área* = Seção retangular.

Tela Modelo 1						
Fio	Cp	Área (cm ²)	Deformação (cm)	Carga (N)	Média (N)	Tensão (MPa)
45 x 50cm (acab. ao acab.)	1	0,21726	3,00	10026,6	10114,4	461,5
	2	0,21726	3,40	10100,4		464,9
	3	0,21726	4,60	10216,3		470,2
45 x 45cm (Sentido do rolo.)	1	0,21726	2,50	9763,0	10054,7	449,4
	2	0,21726	4,80	10638,1		489,6
	3	0,21726	3,10	9763,0		449,4

Tela Modelo 2						
Fio	Cp	Área (cm ²)	Deformação (cm)	Carga (N)	Média (N)	Tensão (MPa)
45 x 45cm (enlace na horizontal)	1	0,07122	4,00	716,9	709,9	100,7
	2	0,07122	4,70	727,5		102,1
	3	0,07122	3,70	685,3		96,2
45 x 45cm (enlace na vertical)	1	0,07122	3,20	1929,4	1855,6	270,9
	2	0,07122	3,20	1792,3		251,7
	3	0,07122	4,70	1845,1		259,1

Tela Modelo 3						
Fio	Cp	Área* (cm ²)	Deformação (cm)	Carga (N)	Média (N)	Tensão (MPa)
45 x 50cm	1	0,5566	0,67	6684,4	7415,4	120,1
	2	0,5566	0,59	7201,0		129,4
	3	0,5566	0,54	8360,7		150,2

Tela Modelo 4						
Fio	Cp	Área (cm ²)	Deformação (cm)	Carga (N)	Média (N)	Tensão (MPa)
45 x 30cm (enlace na horizontal)	1	0,3249	15,00	558,8	499,1	17,2
	2	0,3249	15,00	432,3		13,3
	3	0,3249	15,00	506,1		15,6
45 x 30cm (enlace na vertical)	1	0,3249	20,00	390,1	309,3	12,0
	2	0,3249	20,00	305,8		9,4
	3	0,3249	19,30	231,9		7,1

ANEXO C – Projeto de dispositivo de fixação das telas.