

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO – CTC
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – ECV

ALEXANDRE NUNES DO CARMO

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE
REVESTIMENTO ARGAMASSADO: ESTUDO DE CASO
REALIZADO EM FLORIANÓPOLIS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da
Universidade Federal de Santa
Catarina.

Orientador: Prof. Ivo José Padaratz,
PhD

Coorientador: Eng. Paulo Ricardo de
Matos

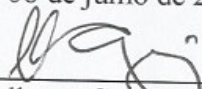
Florianópolis, 2015

Alexandre Nunes do Carmo

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE
REVESTIMENTO ARGAMASSADO: ESTUDO DE CASO
REALIZADO EM FLORIANÓPOLIS**


Este Trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 06 de julho de 2015.



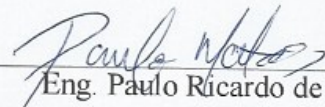
Prof. Luiz Alberto Gómez, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

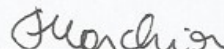


Prof. Ivo José Padaratz, PhD.
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Eng. Paulo Ricardo de Matos.
Coorientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.ª Fernanda Fernandes Marchiori
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Carlos Luiz Ribeiro do Carmo e Laureci Nunes, pelo apoio imensurável durante toda minha vida, sem vocês esse feito seria inatingível.

Ao meu irmão, Danilo Nunes do Carmo pelos diversos conselhos e palavras de sabedoria.

Ao meu orientador, Ivo José Padaratz pela disponibilidade de me orientar e pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Eng. Paulo Ricardo de Matos, pela amizade, auxílio, e incontáveis sugestões valiosas ao longo do trabalho.

À todos os meus amigos e colegas, pelo apoio e amizade que ajudaram a tornar essa caminhada mais fácil.

À família Koerich, pelas oportunidades e pelos cinco anos de aprendizado e crescimento profissional nas suas empresas.

RESUMO

O sistema de revestimento argamassado é amplamente utilizado no Brasil, seja em residências ou edificações. Isso se deve ao fato de ser de fácil preparo e aplicação, baixo custo, e permitir um bom acabamento final. Entretanto, é recorrente encontrarmos fachadas que apresentem desempenho e durabilidade muito abaixo do desejado. Florianópolis, por ser uma cidade quente e úmida, propicia o ambiente ideal para o aparecimento de problemas patológicos em edificações. Aliado ao clima da cidade, outros fatores podem ser determinantes na qualidade do revestimento, sendo eles: mão de obra, projeto e manutenção. Esse trabalho tem o intuito de analisar manifestações patológicas em três condomínios multifamiliares na cidade de Florianópolis. Para diagnosticar as possíveis causas e origens das manifestações, foi utilizado o método proposto por Litchenstein em 1986. Inicialmente foram efetuadas visitas aos locais de estudo de caso, sendo realizadas entrevistas aos funcionários dos condomínios e registros fotográficos das edificações. Posteriormente, com as informações coletadas, foi elaborado o estudo do material levantado, obtendo os diagnósticos mais prováveis para cada manifestação. Pôde-se constatar que as origens das manifestações patológicas mais recorrentes são as relacionadas à ausência/indefinições de projeto, abrangendo 46% das manifestações. Problemas ocasionados pela falta de manutenção e execução ocorreram respectivamente, em 37 e 17% das manifestações avaliadas. Quanto às causas mais recorrentes, destacou-se a proliferação de microorganismos (fungos e algas), que apareceram em 60% das manifestações. Ainda com frequência significativa, observaram-se movimentações térmicas (33%) e movimentações higroscópicas (26%). Os efeitos mais recorrentes foram os caracterizados pelo aspecto de sujidade nas fachadas, pelas fissuras (mapeadas e lineares) e destacamento do revestimento. Assim, concluiu-se que a maioria das manifestações patológicas avaliadas poderiam ser evitadas com medidas bastante simples, como a manutenção periódica e a existência de projetos adequados.

Palavras-chave: Manifestações patológicas, revestimentos argamassados, fachadas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Consistência das argamassas.....	16
Figura 2 Aderência entre revestimento e substrato	18
Figura 3 Fatores que influenciam na aderência da argamassa ao substrato	19
Figura 4 - Influência do teor de cimento no processo de retração do revestimento	21
Figura 5 – Estrutura genérica de revestimento argamassado.....	22
Figura 6 - Sistema de revestimento composto por camada única.....	23
Figura 7 - Fluxograma do processo de elaboração e execução de projetos.....	26
Figura 8 - Fatores que influenciam a penetração da água da chuva em fachadas.....	31
Figura 9 - Fissura vertical em alvenaria	32
Figura 10 - Fissura horizontal em alvenaria	33
Figura 11 - Evolução de eflorescências em paredes sujeitas à ação da capilaridade	36
Figura 12 – Fissurações devido ao efeito térmico.	38
Figura 13 – Movimentação térmica em lajes.....	39
Figura 14 - Adaptação do método de Lichtenstein para resolução de problemas patológicos.....	43
Figura 15 - Incidência do sol na cidade de Florianópolis.....	45
Figura 16 - Fachada Nordeste Ed. Serrinha.....	46
Figura 17 - Localização Condomínio Serrinha.....	48
Figura 18 - Fachada Sudeste bloco D.....	49
Figura 19 - Manifestação 1A.....	50
Figura 20 - Manifestação 1B.....	52
Figura 21 - Manifestação 1C.....	53
Figura 22 - Manifestação 1D.....	54
Figura 23 - Deslocamento do reboco rente à junta de dilatação	54
Figura 24 - Manifestação 1E	56
Figura 25 - Manifestação 1F	57
Figura 26 - Vista lateral Manifestação 1F	57
Figura 27 Vegetação presente na Manifestação 1F.....	58
Figura 28 Manifestação 1G	59

Figura 29 Detalhe Manifestação 1G.....	59
Figura 30 Condomínio Córrego Grande – Fachada Noroeste	61
Figura 31 Localização Condomínio Córrego Grande.....	63
Figura 32 Manifestação 2A	64
Figura 33 Detalhe manifestação 2A	64
Figura 34 Manifestação 2B	66
Figura 35 Manifestação 2C	67
Figura 36 Detalhe manifestação 2C	67
Figura 37 – Funcionamento de uma pingadeira.	68
Figura 38 Manifestação 2D	69
Figura 39 Condomínio Trindade	71
Figura 40 Localização Condomínio Trindade.....	72
Figura 41 Manifestação 3A	74
Figura 42 Algas manifestação 3A	75
Figura 43 Detalhe manifestação 3A	76
Figura 44 Manifestação 3B	77
Figura 45 Manifestação 3C	78
Figura 46 Manifestação 3D	80
Figura 47 – Causas das manifestações.	85
Figura 48 - Origem das manifestações	88
Figura 49 - Efeitos das manifestações	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Influência do teor de finos na plasticidade	17
Tabela 2 – Espessuras dos revestimentos argamassados internos e externos.	24
Tabela 3 Cobrimento nominal em função da classe de agressividade ambiental	41
Tabela 4 Resumo das manifestações	82
Tabela 5 - Causas das manifestações Condomínio Serrinha	83
Tabela 6 Causas das manifestações Condomínio Córrego Grande	84
Tabela 7 Causas das manifestações Condomínio Trindade.....	84
Tabela 8 Origens das manifestações Condomínio Serrinha	86
Tabela 9 Origens das manifestações Condomínio Córrego Grande	86
Tabela 10 Origens das manifestações Condomínio Trindade	87
Tabela 11 Efeitos das manifestações Condomínio Serrinha.....	89
Tabela 12 Efeitos das manifestações Condomínio Córrego Grande	90
Tabela 13 Efeitos das manifestações Condomínio Trindade.....	90

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
1.1.	OBJETIVOS.....	13
1.1.1.	Objetivo Geral.....	13
1.1.2.	Objetivos Específicos.....	13
2.	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1.	ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO.....	14
2.1.1.	Propriedades das argamassas no estado fresco.....	15
2.1.1.1.	Trabalhabilidade.....	15
2.1.2.	Propriedades das argamassas no estado endurecido.....	17
2.1.2.1.	Aderência	17
2.1.2.2.	Resistência Mecânica	19
2.1.2.3.	Estanqueidade	20
2.1.2.4.	Retração.....	20
2.1.3.	Estrutura do revestimento.....	22
2.1.3.1.	Emboço e Reboco	23
2.1.4.	PROJETO DE REVESTIMENTOS ARGMASSADO DE FACHADA.....	24
2.2.	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE REVESTIMENTO ARGAMASSADO	27
2.2.1.	Patologia das edificações	27
2.2.2.	Principais origens de umidade em edificações.....	28
2.2.2.1.	Umidade de condensação.....	28
2.2.2.2.	Umidade do terreno.....	29
2.2.2.3.	Umidade de construção	29
2.2.2.4.	Umidade de precipitação.....	30

2.2.3.	Manifestações patológicas decorrentes da presença de umidade	31
2.2.3.1.	Fissuras causadas por movimentações higroscópicas	31
2.2.3.2.	Fungos	33
2.2.3.3.	Algas	34
2.2.3.4.	Eflorescências	34
2.2.4.	Fissuras decorrentes da movimentação térmica	36
2.2.5.	Fissuras decorrentes da corrosão de armaduras.....	40
3.	MÉTODO.....	42
3.1.	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	43
3.2.	CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DAS EDIFICAÇÕES.....	44
3.3.	ANÁLISE CLIMÁTICA DA REGIÃO	44
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
4.1.	ESTUDO DE CASO.....	46
4.1.1.	Condomínio Serrinha	46
4.1.1.1.	Descrição do condomínio.....	47
4.1.1.2.	Localização e entorno.....	47
4.1.1.3.	Manifestações patológicas.....	49
4.1.2.	Condomínio Córrego Grande	60
4.1.2.1.	Descrição do edifício.....	61
4.1.2.2.	Localização e entorno.....	62
4.1.2.3.	Manifestações patológicas.....	63
4.1.3.	Condomínio Trindade	70
4.1.3.1.	Descrição do condomínio.....	71
4.1.3.2.	Localização e entorno.....	72
4.1.3.3.	Manifestações patológicas.....	73

4.2.	ANÁLISE DE RESULTADOS	81
4.2.1.	Análise das causas das manifestações patológicas.....	83
4.2.2.	Análise das origens das manifestações patológicas.....	85
4.2.3.	Análise dos efeitos no revestimento argamassado.	88
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

1. INTRODUÇÃO

Dentro de um panorama nacional, a utilização de revestimento argamassado destaca-se quando se fala em acabamento final de fachadas. Por ser um revestimento de baixo custo e boa durabilidade, esse tipo de solução é comumente encontrado tanto em residências quanto em edifícios. Entretanto, devido a fatores como a necessidade de se construir com rapidez, ausência de projetos e falta de manutenção, a qualidade do acabamento final nem sempre fica de acordo com a desejada.

Fazendo frente aos problemas decorrentes da utilização do revestimento argamassado, diversas novas tecnologias de revestimento surgem no mercado. Porém, a maioria desses acabamentos precisa de um substrato regularizado para a fixação, sendo novamente necessária a aplicação de um revestimento argamassado.

A fachada é a primeira impressão que se tem de uma edificação, sendo sempre importante que essa se mantenha preservada. Além do papel estético, o revestimento externo tem a função de proteger a edificação contra ações e intempéries naturais, tornando assim sua manutenção periódica essencial. Entretanto, é visível que diversos condomínios deixam isso em segundo plano, sendo por falta de informação, dificuldade financeira ou descaso. Assim, acabam por efetuar algum tipo de reparo quando o problema já é muito visível ou está comprometendo o funcionamento da edificação, necessitando uma intervenção muito mais ampla, trabalhosa e custosa do que se houvesse uma manutenção periódica.

Comprovada a importância desse tipo de acabamento, é necessário zelar pela sua qualidade. Dessa forma, através da metodologia desenvolvida por Lichtenstein (1986), esse trabalho de conclusão de curso tem o intuito de analisar e investigar as causas e origens das manifestações patológicas mais recorrentes nesse tipo de revestimento. Para isso, foram escolhidos três condomínios residenciais na cidade de Florianópolis/SC.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral analisar e diagnosticar manifestações patológicas em fachadas argamassadas de edifícios na cidade de Florianópolis/SC.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Estudar as propriedades das argamassas de revestimentos e a influência delas para a ocorrência de manifestações patológicas;
- Caracterizar as principais manifestações patológicas de revestimento argamassado, assim como as que não têm origem no revestimento, mas se manifestam nele;
- Identificar as possíveis causas e origens das manifestações;
- Avaliar quais as manifestações patológicas mais recorrentes e propor alternativas de intervenção;

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

Argamassas são materiais de construção obtidos através da mistura de aglomerante(s), água e agregado miúdo. Usualmente são compostas por cimento¹, cal e areia lavada, sendo que a proporção entre os constituintes (isto é, o traço) varia de acordo com a aplicação. O traço, por sua vez, é geralmente expresso em termos volumétricos. (FIORITO, 2009; CARASEK, 2010).

Os revestimentos argamassados são compostos por uma ou mais camadas que revestem superfícies porosas, tornando-as aptas a receber um acabamento final (CARASEK, 2010). Segundo a ABCP (2002), as principais funções dos revestimentos argamassados são: proteger o substrato da ação de agentes agressivos, promover estanquidade e isolamento termoacústico ao substrato e proporcionar uma camada final regular.

A escolha do traço deve ser definida conforme a aplicação da argamassa, sendo as mais comuns de revestimento (chapisco, emboço e reboco) e assentamento (vedação, alvenaria estrutural). A escolha de uma composição adequada se deve ao fato que cada constituinte influencia de forma diferente nas propriedades da mistura, tanto no estado fresco quanto endurecido. Segundo Carasek (2010), para que o revestimento consiga desempenhar suas devidas funções, a argamassa deve possuir algumas propriedades, tais como trabalhabilidade, baixa permeabilidade, resistência mecânica, baixa retração e capacidade de absorver deformações. Nos itens a seguir serão apresentadas as principais propriedades das argamassas, bem como os fatores que influenciam nas mesmas.

¹Este trabalho abordará apenas materiais à base de cimento Portland, ficando implícito se tratar deste tipo de material quando forem mencionados “cimento”, “pasta”, “argamassa” e “concreto”.

2.1.1. Propriedades das argamassas no estado fresco

Conforme afirmado anteriormente, para que as argamassas possam desempenhar suas funções de acordo com o esperado, é necessário que algumas propriedades sejam garantidas. Aqui serão abordadas sucintamente as propriedades que se mostrem pertinentes para o desenvolvimento e bom entendimento do trabalho.

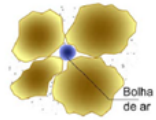
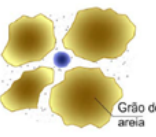
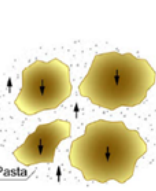
2.1.1.1. Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é a propriedade da argamassa que determina a facilidade de mistura, manuseio e transporte desta. Uma mistura que possua boa trabalhabilidade permite ao operário executar o serviço com boa produtividade e também com o acabamento final adequado. Assim, esta é uma propriedade difícil de quantificar porque envolve conceitos muito mais subjetivos do que físicos, tais como preferência do operador, tradição construtiva e propriedades do substrato (como absorção de água e textura superficial), além de características inerentes à própria argamassa: plasticidade, consistência e retenção de água (CARASEK, 2010).

a) Consistência e Plasticidade

Segundo Carasek (2010), a consistência de uma argamassa está diretamente ligada à quantidade de pasta presente ao redor do agregado, como ilustrado na Figura 1. Do ponto de vista prático, esta propriedade exprime o quão mole ou rígida está a argamassa. Neste contexto, a autora classifica a mistura como seca, plástica ou fluida (Figura 1).

Figura 1 Consistência das argamassas

<p>Argamassa Seca</p>	<p>A pasta aglomerante somente preenche os vazios entre os agregados, deixando-os ainda em contato. Existe o atrito entre as partículas que resulta em uma massa áspera.</p>	 <p>Bolha de ar</p>
<p>Argamassa Plástica</p>	<p>Uma fina camada de pasta aglomerante "molha" a superfície dos agregados, dando uma boa adesão entre eles com uma estrutura pseudo-sólida.</p>	 <p>Grão de areia</p>
<p>Argamassa Fluida</p>	<p>As partículas de agregado estão imersas no interior da pasta aglomerante, sem coesão interna e com tendência de depositar-se por gravidade (segregação). Os grãos de areia não oferecem nenhuma resistência ao deslizamento, mas a argamassa é tão líquida que se espalha sobre a base, sem permitir a execução adequada do trabalho.</p>	 <p>Pasta</p>

Fonte: CARASEK (2010)

A plasticidade, por sua vez, está relacionada à viscosidade da argamassa, sendo fortemente influenciada pela quantidade de aglomerante (cimento e cal) da mesma. Ainda, a forma de mistura e a presença de aditivos (incorporadores de ar, por exemplo) influenciam nesta propriedade (CARASEK, 2010). As argamassas podem ser classificadas quanto à plasticidade como pobre, média e rica, de acordo com a quantidade de finos e a presença ou não de aditivos plastificantes (Tabela 1).

Tabela 1 Influência do teor de finos na plasticidade

Plasticidade	% mínima de finos da argamassa	
	Sem aditivo plastificante	Com aditivo plastificante
Pobre (áspera, magra)	< 15	< 10
Média (plástica)	15 a 25	10 a 20
Rica (gorda)	> 25	> 20

Fonte: (LUHERTA VARGAS; MONTEVERDE COMBA, 1984 apud CINCOTTO, SILVA, CARASEK, 1995).

b) Retenção de água

Cincotto e Nakakura (2004) caracterizam esta propriedade como a capacidade que a argamassa tem de reter a água contra solicitações de agentes externos, tais como a sucção do substrato e/ou evaporação para o ar atmosférico. Carasek (2010) complementa que a retenção de água está ligada à manutenção da trabalhabilidade: ao se manter a água incorporada à mistura, a trabalhabilidade também tende a se manter. Em concordância, Cincotto e Nakakura (2004) afirmam que, para se alterar a retenção de água de uma mistura, pode-se fazer o uso de aditivos incorporadores de ar, além de empregar componentes com elevada superfície específica (como a cal).

Ainda, ambas as autoras salientam a importância que a retenção de água tem para o estado endurecido da argamassa: esta propriedade permite que o cimento existente na mistura possa ser hidratado corretamente, sendo essencial para que o revestimento atinja a resistência final esperada.

2.1.2. Propriedades das argamassas no estado endurecido

2.1.2.1. Aderência

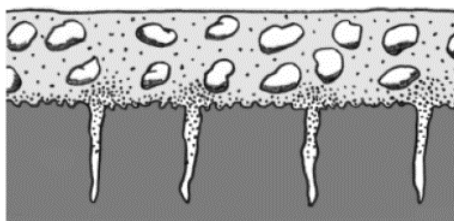
Esta propriedade refere-se à resistência da união existente na interface entre a argamassa e o substrato, não sendo possível falar de

aderência de uma argamassa sem se considerar em qual tipo de base ela está aplicada (CARASEK, 2010). De acordo com a autora, essa propriedade está ligada diretamente a três fatores:

- Resistência de aderência à tração;
- Resistência de aderência ao cisalhamento;
- Área de contato entre as duas superfícies (argamassa/substrato)

A ABCP (2002) afirma que o mecanismo de aderência é essencialmente mecânico, ocorrendo em duas escalas: microscópica, pela ancoragem da pasta dentro dos poros do substrato (devido a formação de produtos hidratados no interior dos mesmos) e macroscópica, pela penetração da própria argamassa na rugosidade da superfície. Ainda, há uma contribuição química proveniente de forças interatômicas, sendo esta desprezível para fins práticos. A Figura 2 ilustra com clareza essas duas situações.

Figura 2 Aderência entre revestimento e substrato

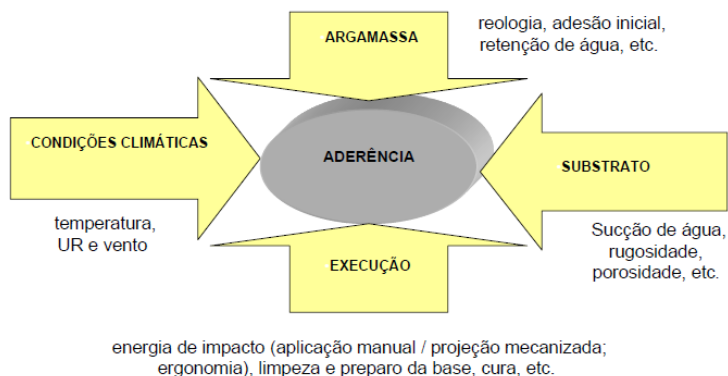


Fonte: ABCP (2002).

Sendo assim, Carasek (2010) aponta que para a argamassa possuir um bom poder aderente, ela deve possuir principalmente uma boa trabalhabilidade: esta é a propriedade que permite ao operário aplicar com mais facilidade a argamassa no substrato, garantindo maior área de contato entre as duas partes. A Figura 3 aponta alguns dos fatores que influenciam a boa aderência da argamassa. Além destes, a existência ou não de chapisco (no caso de uma argamassa de reboco), assim como os materiais constituintes da mistura exercem papel

importante nesta propriedade, porém não serão abordados nesse trabalho.

Figura 3 Fatores que influenciam na aderência da argamassa ao substrato



Fonte: CARASEK (2010).

2.1.2.2. Resistência Mecânica

De acordo com a ABCP (2002), esta propriedade está relacionada com a capacidade do revestimento resistir às tensões internas geradas por solicitações de natureza variada. Dentre essas diferentes solicitações podemos citar:

- Abrasão superficial;
- Expansão dos revestimentos devido à umidade;
- Movimentos de contração;
- Cargas de impacto.

Bertolini (2010) ressalta que a resistência de uma argamassa pode ser elevada ao se diminuir o consumo de água e cal, e aumentar a

quantidade de cimento na composição do traço da argamassa. Essa medida faz com que o revestimento possa absorver tensões internas sem que ocorram eventuais microfissurações.

Para Cincotto e Nakakura (2004), no caso de sistemas de revestimento de argamassa, os maiores esforços estão relacionados às tensões de tração e de cisalhamento, no sentido de tentar evitar uma possível fissuração do revestimento.

2.1.2.3. Estanqueidade

Na visão da ABCP (2002) essa é uma propriedade que está relacionada com a proteção fornecida pelo revestimento contra intempéries. Fatores como relação água cimento, espessura da camada e a existência ou não de fissuras, exercem influência direta na capacidade do revestimento absorver água.

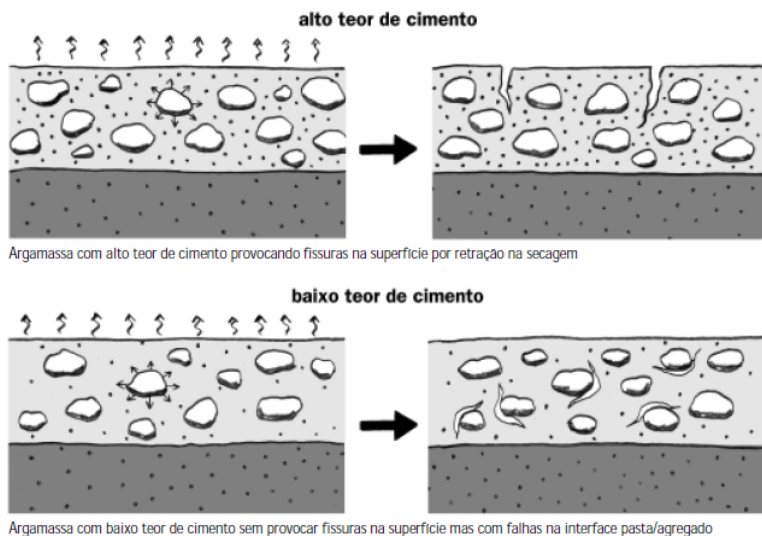
A estanqueidade é uma característica fundamental para a durabilidade do revestimento. Para Cincotto (1995) ao evitar que a água penetre no revestimento várias patologias são evitadas. Sendo assim, esta propriedade merece bastante cuidado na hora de elaboração do traço e execução da argamassa. Entretanto a ABCP (2002) alerta que a permeabilidade ao vapor d'água é uma propriedade recomendável. Pois assim, o revestimento tem a capacidade de manter-se seco nos casos da presença de água de infiltração ou água remanescente da composição dos materiais.

2.1.2.4. Retração

De acordo com Carasek (2010), a retração está diretamente ligada à variação de volume da pasta aglomerante. Para a autora, essa propriedade apresenta um papel fundamental na argamassa, principalmente quando levados em consideração estanqueidade e durabilidade do revestimento. O processo de retração tem início após a aplicação da argamassa e tem continuidade durante o estado endurecido. Esse fato se dá por diversos fatores, tais como: absorção de água pelo substrato, evaporação da água e hidratação do cimento (FIORITO, 2009).

Carasek (2010) resalta a ocorrência de dois tipos de retração nas argamassas de revestimento: plástica e autógena. A primeira está relacionada à perda de água da mistura para o ambiente e/ou substrato no estado fresco, enquanto a segunda está ligada à hidratação do cimento (o volume dos compostos hidratados é menor que a soma dos volumes dos compostos anidros). A ABCP (2002) comenta que o processo de retração gera tensões internas de tração na argamassa, fazendo com que ocorram fissuras caso o revestimento não consiga absorver esses esforços. O autor ainda diz que uma argamassa com menos água e menos cimento retrai menos, devido ao fato que a retração ocorre na pasta. A Figura 4 exemplifica o comportamento do revestimento para diferentes teores de cimento.

Figura 4 - Influência do teor de cimento no processo de retração do revestimento



Fonte: Manual de Revestimento de Argamassa, ABCP (2002).

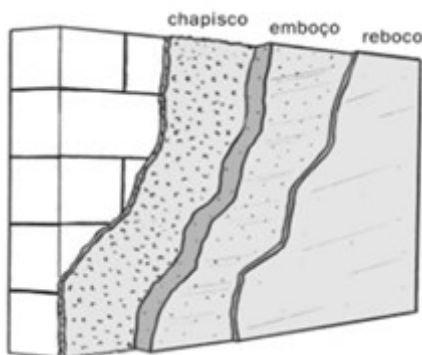
A Figura 4 deixa clara a necessidade de se elaborar um traço adequado, uma vez que um teor excessivo de cimento provoca elevada retração autógena, enquanto um teor insuficiente não promove resistência mecânica adequada, ocorrendo a fissuração do revestimento nos dois casos.

Além do cimento, a areia também deve ser adequada. De forma a minimizar a retração deve-se optar por areias de distribuição granulométrica contínua, uma vez que essas possuem menor índice de vazios intragranulares, exigindo menores teores de pasta para preenchê-los (ABCP, 2002; CARASEK, 2010).

2.1.3. Estrutura do revestimento

Atualmente, pode-se executar uma estrutura de revestimento de diversas formas, podendo essa variar a cada obra. Entretanto, de acordo com ABCP (2002), no Manual de Revestimentos de Argamassa, a estrutura genérica executada pelo método convencional deve possuir as camadas ilustradas na Figura 5.

Figura 5 – Estrutura genérica de revestimento argamassado.

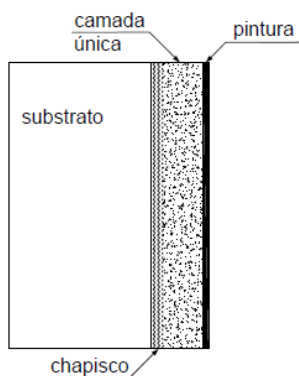


Fonte: ABCP (2002).

Na figura acima são mostradas três diferentes camadas: chapisco, emboço e reboco. Porém, de acordo com Carasek (2010), atualmente no

Brasil os revestimentos argamassados são geralmente constituídos pela associação do chapisco e do que é conhecido como “camada única” (a qual desempenha o mesmo papel do emboço e do reboco, executada em uma só etapa). Este método de execução de revestimento também é conhecido como “reboco paulista” ou “massa única”. A Figura 6 deixa claro como é executado esse sistema.

Figura 6 - Sistema de revestimento composto por camada única



Fonte: CARASEK (2010)

2.1.3.1. Emboço e Reboco

Emboço e reboco são duas camadas de argamassa mista (de cal e areia), constituintes do sistema de revestimento argamassado. De acordo com Fiorito (2009), esses tipos de argamassa são assim chamados por possuírem plasticidade, elasticidade e por permitirem a execução de um acabamento final plano e regular.

Para a ABCP (2002), emboço é uma camada de revestimento que pode ser executada diretamente sobre o substrato ou sobre chapisco. Esta camada tem a função de ser base para receber um próximo enchimento: o reboco. Em relação a este, a ABCP (2002) diz que é uma camada de revestimento que pode ser feita sobre o emboço, de forma

que permita receber o acabamento final (pintura, revestimento cerâmico, etc).

A ABNT NBR 13749 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – (1996), afirma que a execução de revestimentos argamassados deve resultar em superfícies uniformes, sem fissuras, cavidades ou imperfeições. A Tabela 2 apresenta as espessuras recomendadas aos revestimentos descritas por tal norma, em função do seu local de aplicação.

Tabela 2 – Espessuras dos revestimentos argamassados internos e externos.

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

Fonte: ABNT NBR 13749 (1996).

Bertolini (2010) explica que existe diferença entre as funções do reboco externo e interno. Para o autor, a principal função do revestimento utilizado nas áreas externas é fornecer barreira contra os agentes agressivos (cloretos, sulfatos, CO₂ e até mesmo a água). O reboco interno, por outro lado, deve desempenhar papéis estéticos, higiênicos e de segurança. Para que esses objetivos sejam alcançados, a argamassa utilizada deve possuir boa moldabilidade (análogo à trabalhabilidade).

2.1.4. PROJETO DE REVESTIMENTOS ARGMASSADO DE FACHADA

Revestimentos argamassados são utilizados com grande frequência para o acabamento final de fachadas. Estudos na cidade de São Paulo, realizados com 30 construtoras em 1996, indicam que aproximadamente 40% de todas as obras realizadas por elas contemplam pintura sobre revestimento de argamassa como acabamento final de suas edificações. Esse número evidencia a necessidade da elaboração de

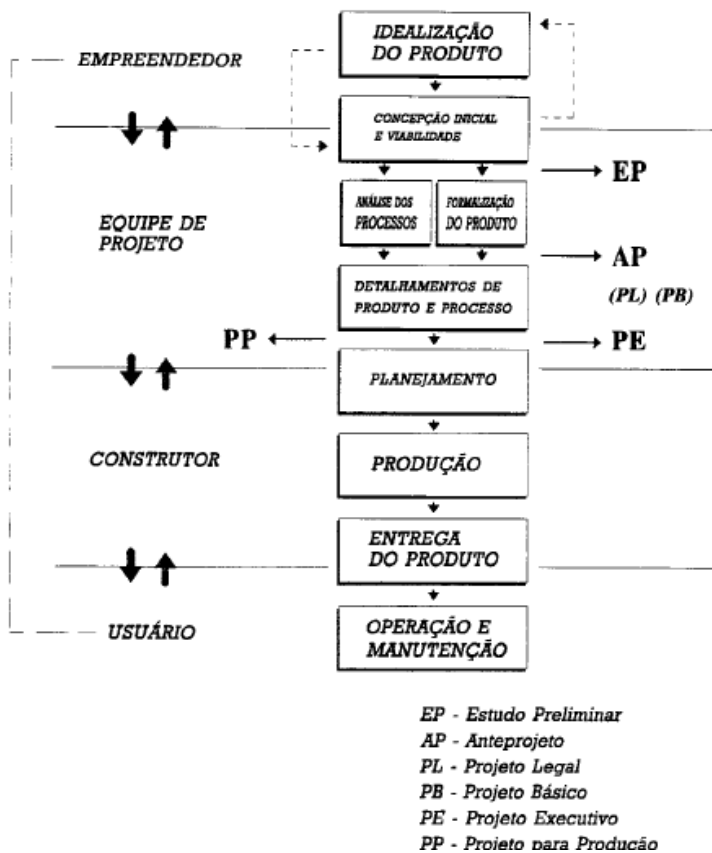
projetos específicos para essa finalidade (MACIEL, 1998). A elaboração desses projetos visa um produto final de melhor qualidade, com traço adequado, menos desperdício durante sua execução e menos ocorrências de manifestações patológicas durante sua utilização.

Sabbatini e Baía (2008) elencam as informações que um projeto de revestimento deve definir:

- Tipo de revestimento e o número de camadas;
- Tipo de argamassa a ser utilizada;
- Espessura das camadas;
- Detalhes arquitetônicos e construtivos (juntas de movimentação, peitoris, pingadeiras, etc.);
- Técnicas adequadas para a execução;
- Padrão de qualidade dos serviços.

Assim, é primordial que se associe o produto ao seu processo de produção, abordando informações de caráter tecnológico que sirvam de embasamento para definições ainda nas etapas de projeto. Cada uma dessas definições deve ser tomada levando em consideração o tipo de edificação a ser construída e as exigências e necessidades do usuário. Para que se obtenha um projeto final de boa qualidade é necessária a interação de todas as equipes responsáveis pela obra. A Figura 7 ilustra o fluxograma das etapas de desenvolvimento do projeto, segundo Melhado (1994) *apud* Maciel (1998).

Figura 7 - Fluxograma do processo de elaboração e execução de projetos.



FONTE: MELHADO (1994) *apud* MACIEL (1998).

2.2. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE REVESTIMENTO ARGAMASSADO

2.2.1. Patologia das edificações

Verçosa (1991) afirma que a patologia das edificações nada mais é do que o estudo das causas e origens de todos os problemas que podem ocorrer em uma edificação, com o intuito de alcançar um diagnóstico e futuramente uma solução.

Thomaz (2007) comenta que o contexto sócio-econômico atual dos países em desenvolvimento faz com que cada vez mais haja necessidade de se construir com rapidez. Este fato, aliado à baixa qualidade de mão de obra e à formação deficiente de profissionais do ramo da engenharia, faz com que haja uma queda na qualidade das edificações. Situações assim propiciam condições favoráveis para o aparecimento de manifestações patológicas.

A presença de umidade em edificações é uma frequente origem de diferentes problemas em edificações, se agravando ainda mais quando levado em consideração suas fachadas. As diversas manifestações patológicas decorrentes da presença da água podem não só causar desconforto aos moradores, mas também comprometer a utilização de elementos ou edificações inteiras (NAPPI, 2002)

Perez (1988), afirma que a umidade em edificações representa um dos problemas de maior dificuldade de ser resolvido na construção civil. De acordo com o autor, essa é a principal origem de manifestações patológicas em edificações: cerca de 50% dos problemas encontrados em casas e 60% em apartamentos, podendo chegar a até 86% dependendo da idade da edificação. Além disso, a presença de umidade aliada com a utilização de diferentes materiais de construção em fachadas faz com que seja agravado o problema do desgaste diferencial entre os materiais, comprometendo a qualidade e durabilidade do “envelopamento” externo.

Nappi (2002) salienta que a dificuldade de se obter um diagnóstico preciso para problemas de umidade acarreta em medidas reparatórias inapropriadas. Fato esse que permite que os problemas

repareçam ou sejam mascarados, não solucionando sua verdadeira causa.

2.2.2. Principais origens de umidade em edificações

A presença de umidade em edificações pode acarretar diversos fenômenos de degradação em revestimentos argamassados: formação de eflorescências, ataques por sulfatos, movimentações higroscópicas e mofos podem vir a comprometer a funcionalidade e habitabilidade das edificações (BERTOLINI, 2010)

O autor ainda complementa dizendo que os mecanismos de transporte de umidade aos materiais podem ser divididos em quatro grupos:

- Umidade de construção;
- Umidade descendente;
- Umidade por condensação;
- Umidade por elevação.

De acordo com o autor, a umidade pode provir não só do contato direto com a água, mas também da exposição da estrutura à atmosfera úmida. Verçosa (1991) e Klein (1999) citam as principais origens de umidade nas edificações: as relativas à precipitação e condensação, as relativas à capilaridade, as resultantes da etapa de construção e de vazamentos hidráulicos. As umidades relativas a vazamentos hidráulicos são de difícil solução, já que os vazamentos se encontram encobertos pela edificação e de difícil acesso. Por sua vez, a umidade oriunda da execução é encontrada nos poros de materiais como argamassa, concreto e pinturas. Essa origina-se do emprego de água para sua confecção e desaparece num período de 6 meses.

2.2.2.1. Umidade de condensação

Quando o revestimento se encontra em contato com a atmosfera úmida, devido à diferença de temperatura entre o ar e a superfície, pode ocorrer a condensação de água. Quanto mais próximo o ar estiver do seu nível de saturação, mais fácil será de ocorrer a condensação (BAUER, 1997). Esse fenômeno tende a acontecer frequentemente em fachadas

pelo fato destas possuírem temperaturas baixas durante o período do amanhecer, gerando condições propícias para a condensação do ar atmosférico.

Bertolini (2010) alerta ao fato de que esse fenômeno também ocorre dentro de poros e capilares. Em alguns casos, devido às pequenas dimensões destes, a condensação ocorre mesmo quando o ar não se encontra saturado, o que pode vir a gerar diversas manifestações patológicas, tais como desagregações e eflorescências.

2.2.2.2. Umidade do terreno

A água que ascende pelas paredes e estrutura dos edifícios pode ter diferentes origens, tais como águas pluviais estagnadas, aquíferos superficiais e redes hídricas defeituosas. Esta água, em contato com elementos da edificação com poros abertos, tende a percolar devido ao fenômeno da ascensão capilar. Tal fenômeno é muito difícil de ser extinto, além de ser a origem de diversas manifestações patológicas, como a formação de manchas em paredes até a degradação de revestimentos (BERTOLINI, 2010).

O autor explica o fenômeno da capilaridade nos revestimentos da seguinte forma: em geral, os materiais de construção são hidrófilos (têm afinidade com a água). Uma vez que a água entra em contato com poros abertos (comunicáveis) da parede, interações entre o líquido e o material do revestimento permitem que a água penetre e ascenda. Quanto menor o diâmetro dos poros, maior será a altura atingida pela água, de modo que a estabilização da ascensão capilar se dá quando a água que adentra na estrutura se iguala com a evaporada.

2.2.2.3. Umidade de construção

Este tipo de umidade é originada na etapa de construção da edificação. Bertolini (2010) aponta que para o processo de fabricação e cura de diversos materiais utilizados em construção civil, faz-se necessário o emprego da água. As argamassas de assentamento e revestimento, por exemplo, apresentam grande quantidade de água na sua constituição após serem aplicadas. Além disso, muitas vezes a

estocagem dos materiais no canteiro de obra não é feita de forma apropriada, sujeitando estes às intempéries que fazem com que atinjam um teor de umidade superior à umidade higroscópica natural dos mesmos. O tempo que essa umidade demora em ser “perdida” ao ambiente depende das condições climáticas às quais a edificação está exposta, se tornando menor em situações de altas temperaturas e vento forte. Uemoto (1988) ressalta que o excesso de umidade adquirido pelos materiais deve ser extinto antes que sejam executadas as camadas finais de revestimento. Entretanto, devido a questões de cronograma de obra, nem sempre é possível que isso aconteça.

Carasek (2010) alerta que muitas vezes a água de amassamento das argamassas pode conter sais solúveis e/ou matéria orgânica, fato esses que pode acarretar a diferentes problemas no desempenho da argamassa como a aparição de eflorescências. Sendo assim, se deve utilizar somente água tratada da rede pública para esse fim.

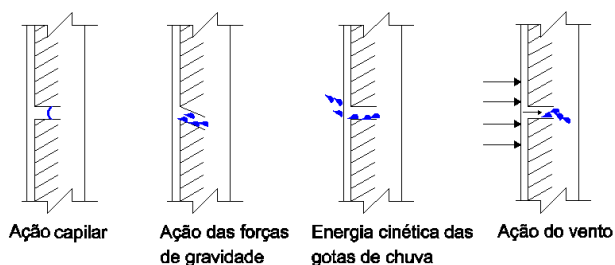
2.2.2.4. Umidade de precipitação

Este tipo de umidade, também chamada de umidade descendente está ligada a água proveniente da chuva. A penetração desta água pode ser fruto da incidência direta da chuva nas fachadas e/ou por infiltrações decorrentes da ausência de beirais e vazamentos na rede de escoamento pluvial.

De acordo com Padaratz (2014), a infiltração em fachadas depende de diversos fatores como intensidade da chuva, umidade do ar, velocidade e direção do vento. Além disso, outros detalhes construtivos podem vir a facilitar a infiltração de água pluvial na edificação: juntas de dilatação mal executadas, janelas com problema de vedação, fissuras na alvenaria e pingadeiras mal projetadas são exemplos disso. A Figura 8 ilustra alguns outros fatores que influenciam na penetração da água da chuva em fachadas

Nappi (2002) afirma que o principal meio de transporte da chuva incidente nas fachadas para o interior do revestimento é a sucção capilar. A tendência que os poros possuem para adsorver água em sua superfície faz com que exista uma força superficial de sucção na face do revestimento, possibilitando assim a penetração da água no interior das paredes.

Figura 8 - Fatores que influenciam a penetração da água da chuva em fachadas



FONTE: Adaptado de PEREZ (1988).

2.2.3. Manifestações patológicas decorrentes da presença de umidade

2.2.3.1. Fissuras causadas por movimentações higroscópicas

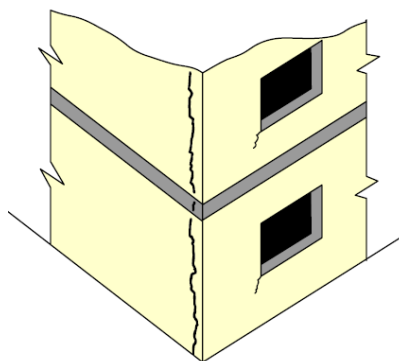
A higroscopicidade consiste na capacidade dos materiais de absorver água. As mudanças higroscópicas geram variações volumétricas nos materiais porosos que integram os elementos de uma edificação. Uma vez que esses se encontram restringidos, essa movimentação pode gerar fissuras nesses elementos (THOMAZ 2007). Tais movimentações relativas podem ser de duas naturezas: irreversíveis e reversíveis. A primeira ocorre após a fabricação desses materiais, quando o mesmo busca através da perda ou ganha de água sua umidade de equilíbrio. Já a segunda ocorre quando o material está exposto a diferentes condições de umidade, podendo variar seu volume dentro de um intervalo.

A capacidade de um material absorver água está diretamente ligada a duas propriedades: a porosidade e a capilaridade (sendo que esta última desempenha o papel principal). Quando os poros secam, a capilaridade provoca o surgimento de sucção, fazendo com que a água

seja conduzida até a superfície do elemento. De acordo com Thomaz (2007), tais forças de sucção são inversamente proporcionais ao diâmetro dos poros do material em questão. É importante ressaltar que todo material possui sua umidade higroscópica de equilíbrio, sendo esta alcançada quando material é exposto a uma condição constante de umidade por um período de tempo suficiente para que este estabilize sua umidade.

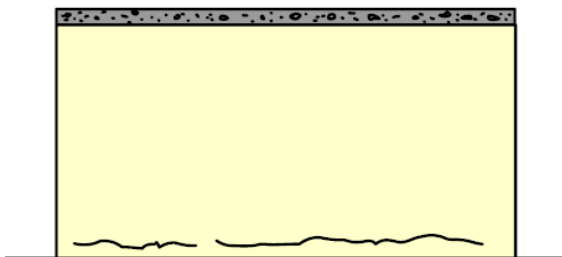
Para Thomaz (2007), as fissuras e trincas causadas pela movimentação higroscópica são muito semelhantes às provocadas pela variação térmica. A Figura 9 ilustra uma fissura vertical na alvenaria, provocada pela expansão dos tijolos por umidade, enquanto a Figura 10 ilustra fissuras horizontais ocasionadas por diferença de umidade entre fiadas de uma parede de alvenaria (fato que ocorre devido à absorção por capilaridade da umidade proveniente de uma fundação mal impermeabilizada).

Figura 9 - Fissura vertical em alvenaria



FONTE: THOMAZ (2007).

Figura 10 - Fissura horizontal em alvenaria



FONTE: THOMAZ (2007).

2.2.3.2. Fungos

A aparição de fungos é uma manifestação patológica muito comum em revestimentos argamassados expostos a condições de umidade elevada. Bolores e mofos, por exemplo, são microorganismos da família dos fungos, e têm o poder de decompor diversos tipos de materiais sobre os quais se encontram depositados.

Alucci et al. (1988) afirma que, para que os fungos possam se desenvolver, é necessário que algumas condições ambientais sejam satisfeitas: a umidade relativa do ar deve ser maior que 75%, e a temperatura variar entre 10 e 35 °C (considera-se ideal para o crescimento dos microrganismos). Além disso, Sato (2000) comenta que o tipo de substrato no qual o revestimento é aplicado é de grande relevância para o desenvolvimento de fungos: tanto o armazenamento quanto o transporte da água variam de acordo com o tipo de material. Sendo assim, alvenarias acabam tendo uma pré-disposição muito maior ao ataque de fungos, uma vez que podem armazenar muito mais água do que o concreto, por exemplo.

Esses fungos se alimentam de partículas orgânicas existentes no ar, depositados nos revestimentos ou mesmo presentes na composição de tintas. Sendo assim é muito comum encontrar manchas escuras sobre tinta, principalmente em situações onde a película encontra-se com trincas. De forma a minimizar esses problemas, tintas fungicidas podem ser utilizadas em fachadas suscetíveis ao ataque desses microrganismos (ALUCCI ET AL, 1988).

2.2.3.3. Algas

Algas são organismos fotossintetizantes frequentemente encontrados em fachadas. De acordo com Breitbach (2009) esse tipo de manifestação patológica é facilmente confundido com ataques por fungos já que possuem cores semelhantes e deixam a superfície onde se encontram com aspecto de sujidade. Entretanto, ao contrário dos fungos, as algas produzem seu próprio alimento a partir da fotossíntese. Sendo assim, essas precisam de duas condições básicas para seu desenvolvimento: luz e umidade relativa acima de 80%. As algas diferentemente dos fungos só se manifestam em ambientes externos, e essas podem possuir diversas colorações, que variam entre tonalidades de marrom, laranja e preto.

Breitbach (2009) comenta que o processo retração da argamassa gera fissuras na superfície de revestimento argamassado que comumente são propagadas para o acabamento em pintura. Esses locais tornam-se propícios para o ataque de fungos e algas.

Uemoto (1999) explica que além do aspecto de sujidade decorrente da sua presença, devido ao efeito corrosivo dos ácidos orgânicos presentes em sua excreção, as algas também danificam a integridade da película de tinta.

2.2.3.4. Eflorescências

Outro fenômeno recorrente em revestimentos argamassados é a cristalização de sais solúveis dissolvidos em água. O termo eflorescência está ligado com a deposição de sais na superfície de revestimentos (UEMOTO, 1988). De acordo com Carasek (2010), para que o fenômeno da eflorescência possa ocorrer são necessários que três fatores ocorram simultaneamente: presença de sais dissolvidos, água e pressão hidrostática que possibilite a migração da solução para a superfície. Uemoto (1988) ressalta que além desses três, existem outros fatores que facilitam o aparecimento deste fenômeno:

- A quantidade de água que aflora (principalmente no caso de sais poucos solúveis)

- O aumento da temperatura, pois além de servir como catalisador para a solubilização de sais diminui o tempo de evaporação da umidade.
- A porosidade dos materiais, de forma que permita o transporte de água no seu interior.

Existem diversos tipos de eflorescência que podem aparecer, entretanto, Uemoto (1988) cita como mais comum a que se manifesta em forma de véu branco sobre a superfície. De acordo com a autora, dificilmente esse tipo de eflorescência é prejudicial ao revestimento, porém, se este acúmulo ocorrer entre a interface alvenaria/pintura, pode ocorrer o descolamento da película de tinta.

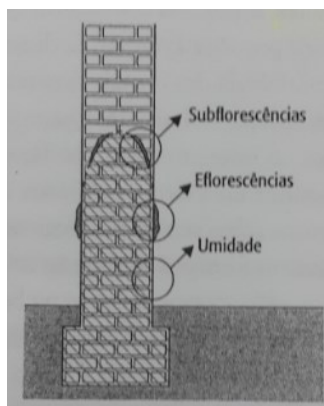
São muitos os sais que causam essas manifestações, assim como podem ser distintas suas origens. Entre os principais sais podem-se citar os sais de sódio e potássio (metais alcalinos), e cálcio e magnésio (metais alcalino-terrosos). Dentre as origens dos sais destacam-se o solo em contato com o revestimento, a poluição atmosférica, além dos constituintes da própria alvenaria (cimento e materiais cerâmicos).

Um caso que pode ser mais prejudicial ao revestimento, é quando a eflorescência ocorre no interior da parede, fenômeno conhecido como criptoflorescência ou subflorescência. Para Carasek (2010), este fenômeno ocorre quando os poros não estão bem conectados, não existe água suficiente ou há um grau de evaporação muito elevado, fatores esses que não possibilitam que a água (e os sais dissolvidos nela) alcancem a superfície do revestimento. O processo de hidratação e cristalização dos sais no interior dos poros faz com que a argamassa seja pressionada, podendo causar sua desagregação. Bertolini (2010) complementa dizendo que quanto maior o cristal e menor o poro, maior a pressão exercida e maior o poder destrutivo da subeflorescência. Ainda, existem situações onde a solução se encontra sob altas pressões, fazendo com que o sal se torne mais solúvel e impeça-o de se cristalizar. Nestes casos, a solução supersaturada gera pressão elevada até mesmo sobre os poros de maior dimensão.

No caso de paredes sujeitas a ascensão capilar, Bertolini (2010), esquematiza o mecanismo de evolução da eflorescência, na Figura 11: quanto maior a proximidade do solo, maior a umidade interna da parede. Na região rente ao solo, a parede tende a ficar bastante úmida e a solução próxima a condição de supersaturação. Já na região intermediária, a evaporação supera a ascensão capilar, formando eflorescências. Por fim, na parte superior, há baixa presença de água (a

superfície encontra-se praticamente seca), ocorrendo nestes casos a criptoflorescência.

Figura 11 - Evolução de eflorescências em paredes sujeitas à ação da capilaridade



FONTE: BERTOLINI (2010).

2.2.4. Fissuras decorrentes da movimentação térmica

Problemas de fissuração em edificações são comuns, e muitos deles são causados por movimentações térmicas. Segundo Thomaz (2007), quando um elemento de edificação é sujeito a mudanças de temperatura, ele sofre variações volumétricas. Tais movimentos (dilatação e contração) geram tensões internas, as quais aliadas com a restrição destes elementos podem dar origem a fissuras. Dessa forma, as alterações no volume decorrentes de variações de temperatura estão diretamente ligadas a propriedades físicas dos materiais, além das restrições que eles estão submetidos.

Alguns dos tipos de fissuração mais comuns consequentes de variações térmicas são devido à dilatação diferencial: este fenômeno ocorre porque diferentes materiais são expostos à mesma variação de

temperatura, sendo que estes não possuem o mesmo coeficiente de dilatação, logo, sofrem deformações diferentes. Quando o material de menor dilatação térmica não consegue absorver as movimentações do material justaposto, criam-se tensões que resultam nas fissuras.

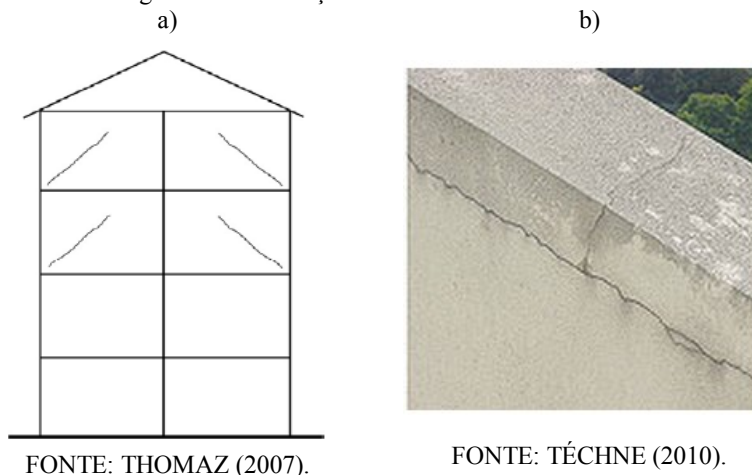
Para Thomaz (2007), a variação volumétrica dos materiais constituintes do revestimento de fachada está diretamente ligada com suas propriedades térmicas e com a incidência solar. De acordo com o autor, a taxa e amplitude da variação térmica dependem de alguns fatores:

- Intensidade solar;
- Absorbância da superfície: é a capacidade desta de absorver energia e depende basicamente da sua cor (quanto mais escura, maior a capacidade);
- Emitância da superfície: é a capacidade de reirradiar parte da radiação absorvida para o céu.

Para que se possa mensurar as movimentações, é necessário saber o ciclo de temperatura ao qual o elemento esteve exposto. Em alguns casos, também se faz necessário o conhecimento da velocidade dessas variações térmicas.

Cada elemento da estrutura, quando sujeito a movimentações térmicas, possui configurações típicas de fissuração. Estruturas de concreto armado, por exemplo, possuem um grande coeficiente de dilatação térmica, que pode ser até duas vezes o da alvenaria comum. Esse fato faz com que interfaces de contato entre concreto e alvenaria, sejam muito solicitadas quando há esse tipo de movimentação. Sendo assim, quando a solicitação é maior do que a capacidade do material de absorver essas deformações, ocorre a fissuração. A Figura 12 caracteriza alguns desses tipos de movimentação.

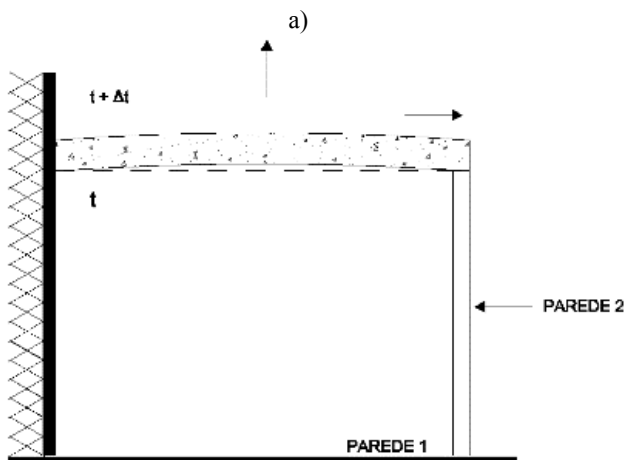
Figura 12 – Fissurações devido ao efeito térmico.



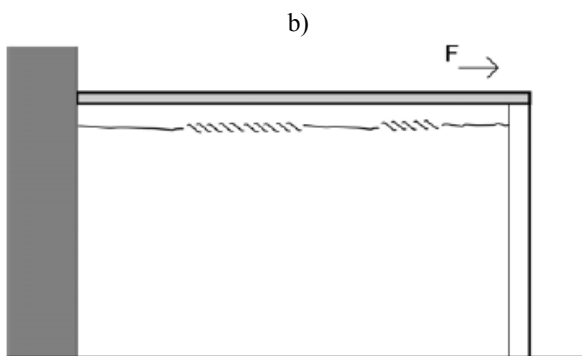
a) Trincas de cisalhamento nas alvenarias decorrente de movimentações térmicas da estrutura; b) Descolamento da argamassa de revestimento por movimentação térmica

Outros componentes estruturais que estão frequentemente sujeitos a movimentação são as lajes de cobertura. Thomaz (2007) aponta que por possuírem maior exposição ao sol, estruturas de cobertura são as que estão mais sujeitas a sofrer variações de temperatura em uma edificação. Além disso, existem movimentações diferenciadas entre as superfícies de uma mesma cobertura: a parte superior, exposta às ações da radiação solar, dilata mais que a parte inferior, gerando movimentações conforme ilustra a Figura 13 a. Sendo assim, como geralmente lajes encontram-se vinculadas a paredes, é recorrente que fissuras de traçado bem definido apareçam nessa interface (Figura 13 b).

Figura 13 – Movimentação térmica em lajes.



FONTE: Adaptado de THOMAZ (2007).



FONTE: THOMAZ (2007).

a) Movimentação térmica na laje de cobertura decorrente da diferença de temperatura entre as superfícies; b) Direção da fissuração perpendicular à resultante de tração no topo da parede, indicando o sentido da movimentação térmica (da esquerda para direita).

2.2.5. Fissuras decorrentes da corrosão de armaduras

Problemas de corrosão em armaduras, sempre quando encontrados em obras, devem ser motivo de atenção. Além de prejudicarem esteticamente, originando trincas e deslocamento de revestimento, esse tipo de situação pode comprometer a utilização da edificação. Helene (1988) define corrosão:

Pode-se definir corrosão como a interação destrutiva de um material por reação química ou eletroquímica com o meio ambiente.

Bertolini (2010) explica que, para que a corrosão eletroquímica ocorra, o material metálico deve estar em contato com meio aquoso: água, soluções ácidas ou alcalinas. Já o processo químico ocorre sob altas temperaturas, não ocorrendo em edificações, portanto, não abordada nesse trabalho.

A corrosão eletroquímica se dá quando é formada uma película eletroquímica sobre a superfície do metal. Para que isso ocorra, Helene (2010) cita que três condições necessariamente devem ser satisfeitas:

- Deve haver oxigênio (O_2);
- Umidade (H_2O) – eletrólito;
- Deve existir uma diferença de potencial.

Com essas condições satisfeitas, é possível que seja formada uma pilha de corrosão, ou seja, há a condução de elétrons de uma região (polo anódico), para outra (polo catódico) do aço. Nestes casos, a umidade existente nos microporos age como eletrólito, permitindo que o fenômeno aconteça.

Entretanto, em condições usuais, o aço inserido no concreto encontra-se passivado, isso é, possui uma camada protetora na sua superfície que prejudica o processo de corrosão. Bertolini (2010), explica que ao ser inserido no meio alcalino do concreto, forma-se uma camada de óxidos de ferro na superfície do aço denominada camada passivadora. Para que haja a manutenção dessa camada protetora, é necessário que a espessura da camada de cobrimento do concreto seja respeitada. Essa camada serve para retardar a frente (profundidade) de

carbonatação. O CO_2 , quando reage com o CaO (solubilizado do $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$) forma $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, baixando o pH de 12,5 pra aproximadamente 9, desfazendo a camada de passivação. A NBR 6118 (2014) correlaciona o cobrimento nominal das armaduras com a agressividade do ambiente na Tabela 3 Cobrimento nominal em função da classe de agressividade ambiental

Souza e Ripper (2009), também ressaltam a importância da camada de cobrimento, mas alertam que essa não é a única causa da despassivação das armaduras. Alguns aspectos como porosidade, permeabilidade do concreto, escolha de bitolas, detalhamento apropriado das armaduras, são quesitos de grande importância para garantir a durabilidade e vida útil da estrutura. Caso esses requisitos não sejam respeitados, pode haver corrosão da armadura.

Esse processo de corrosão tem um produto final maior que as suas dimensões originais. Sendo assim, a armadura expandida tende a criar tensões internas na estrutura do concreto, gerando fissuras e até deslocamento, tanto da camada de cobrimento quanto do revestimento final externo.

Tabela 3 Cobrimento nominal em função da classe de agressividade ambiental

Tipo de Estrutura	Elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50

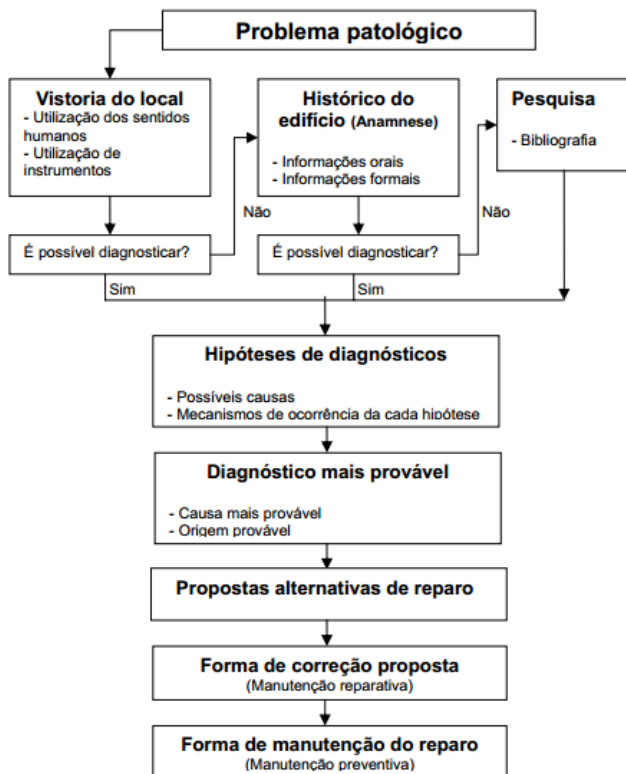
FONTE: ABNT NBR 6118(2004)

3. MÉTODO

O método utilizado para a investigação patológica é baseado no já consolidado método proposto por Lichtenstein (1986). O resumo geral do mesmo é apresentado na Figura 14. A partir do método espera-se alcançar os diagnósticos, e assim, solucionar os respectivos problemas patológicos da edificação.

Inicialmente será elaborada uma revisão literária sobre as principais manifestações patológicas em fachadas ocasionadas por umidade. Com essa etapa concluída, será efetuada uma visita às edificações objeto de estudo. Em seguida serão realizadas entrevistas com pessoas relacionadas com a construção, manutenção e gerenciamento das edificações em questão. Com todos os levantamentos encerrados, se dará início à análise dos dados coletados. Esta etapa tem como objetivo gerar um diagnóstico sobre as manifestações abordadas. Posteriormente serão dadas propostas de reparo, porém esse trabalho não tem o intuito de se aprofundar nesse quesito.

Figura 14 - Adaptação do método de Lichtenstein para resolução de problemas patológicos.



FONTE: Adaptação LICHTENSTEIN (1986)

3.1. DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

Durante o desenvolvimento deste trabalho não se executou nenhum tipo de ensaio laboratorial para a reconstituição do traço das argamassas. Desta forma, as etapas para se alcançar o diagnóstico basearam-se somente em vistoria ao local, anamnese e pesquisa bibliográfica.

3.2. CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DAS EDIFICAÇÕES

Para o desenvolvimento do estudo de caso, optou-se por edificações que estivessem em três bairros distintos. Todos os prédios são residenciais, multifamiliares e possuem múltiplos pavimentos. Outro requisito adotado é que todos os prédios apresentassem manifestações patológicas.

3.3. ANÁLISE CLIMÁTICA DA REGIÃO

Para que se possa fazer uma completa análise das causas, origens, e desenvolvimento de manifestações patológicas em revestimento externo, é necessário que se tenha conhecimento das condições climáticas da região onde a edificação encontra-se inserida.

Florianópolis está geograficamente localizada na latitude 27° 35' sul e 48°30' na longitude oeste. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Epagri (2002), durante os meses de verão a temperatura pode variar entre os 15 e 27°C, já no inverno mantêm-se entre 11 e 22°C.

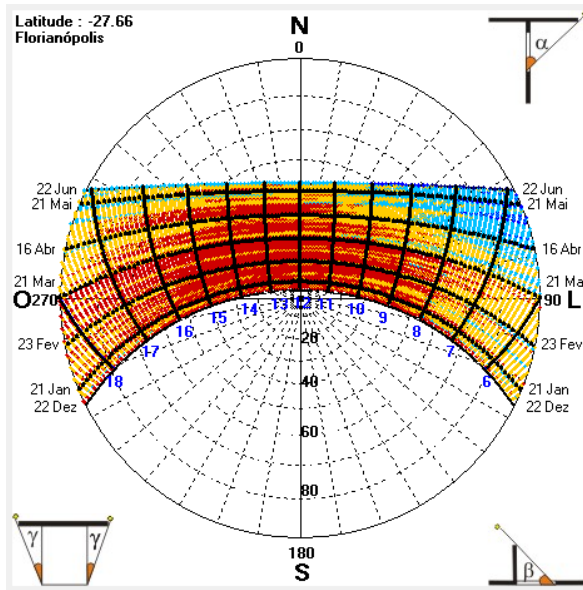
A região da Ilha de Santa Catarina possui precipitação bem distribuída durante o ano, não possuindo estações de seca. Nos meses de inverno, de acordo com Epagri (2002) a precipitação média não passa dos 90mm, já nos meses de verão a média é de 180mm. A umidade relativa do ar não possui grandes alterações no decorrer do ano, se mantendo entre 80 e 86%.

Outro parâmetro importante que deve ser levado em consideração é a incidência dos ventos. Na região de Florianópolis predominam os de incidência norte/nordeste e sul, sendo o primeiro o mais frequente, e o segundo o mais intenso. (INMET)

Tendo em vista a relação direta entre a presença da umidade em fachadas e a exposição delas ao sol, o fator insolação torna-se relevante para o estudo do desenvolvimento de manifestações patológicas em fachadas. Florianópolis conta com aproximadamente 2100 horas de insolação, número que se mantém próximo ao de outras capitais litorâneas do Brasil, segundo (INMET) e Epagri (2002). O programa computacional Analysis SOL-AR, permite observar a orientação

dominante em cada época do ano da insolação solar, conforme ilustra a Figura 15.

Figura 15 - Incidência do sol na cidade de Florianópolis



Fonte: Programa computacional Analysis Bio

A partir da Figura 15 é possível observar a orientação da incidência solar. Se tomarmos como exemplo um edifício, podemos concluir que as fachadas sul, sudeste e sudoeste somente recebem incidência de raios solares durante os meses de outubro a fevereiro e por poucas horas por dia. Já as fachadas de orientação norte, nordeste e noroeste estão expostas ao sol durante o ano todo por muito mais horas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ESTUDO DE CASO

Dentro deste item serão expostos os resultados dos estudos realizados em campo. Este capítulo tem o objetivo de expor as manifestações patológicas encontradas e indicar as hipóteses mais prováveis de suas causas e origens. Para o melhor entendimento e clareza, as manifestações serão divididas por obra.

4.1.1. Condomínio Serrinha

O primeiro estudo de caso foi efetuado no bairro da Serrinha, nos entornos da Universidade Federal de Santa Catarina. Trata-se de um condomínio residencial multifamiliar com quatro blocos e área total construída de 5358m². A Figura 16 mostra a entrada do prédio.

Figura 16 - Fachada Nordeste Ed. Serrinha.



4.1.1.1. Descrição do condomínio

O condomínio foi inaugurado em 1981 e possui quatro blocos: A, B1, B2 e C. Os blocos B1 e B2 são anexos um ao outro, possuindo apenas uma junta de dilatação separando as duas estruturas. Os blocos B1 e B2 possuem cinco pavimentos, já os blocos A e C, quatro. O pavimento térreo é composto de garagem e hall de entrada, sendo que os outros pavimentos são de apartamentos tipo (02 por andar), totalizando 28 unidades no condomínio.

A estrutura das torres foi executada em concreto armado, sendo as paredes de vedação de blocos cerâmicos revestido com argamassa. Não foi possível obter informações sobre o traço da argamassa de revestimento, mas a partir da observação *in loco* aparenta ser constituída de cal, cimento e areia fina. Pelo aspecto visual, suspeita-se que o traço possuía pouco cimento, o que deixou o reboco com o aspecto “friável” (com pouca resistência). As fachadas possuem três cores diferentes que se assemelham ao branco, bege e cinza, tendo como predomínio a cor branca. A tinta acrílica foi aplicada sobre o reboco.

O condomínio não recebe nenhum tipo de manutenção periódica nas fachadas. De acordo com o síndico, a única intervenção realizada foi há 13 anos. Entretanto, o síndico não soube especificar exatamente os serviços que foram executados. Para a execução do revestimento de fachada, não foi utilizado projeto específico.

4.1.1.2. Localização e entorno

O condomínio em questão encontra-se situado na Rua Jornalista Tito Carvalho no bairro da Serrinha. O terreno é localizado no início de um morro (Figura 17), em desnível, está a uma altura aproximada de 60 metros do nível do mar.

Figura 17 - Localização Condomínio Serrinha



FONTE: Google Maps.

A maior parte do lado sudeste da edificação encontra-se afastada de qualquer outro edifício próximo, estando exposta às ações do vento sul, que junto com o nordeste predominam na região. Entretanto, o último bloco do condomínio possui grande parte da sua fachada sudeste e sudoeste encoberta por vegetações de grande porte pertencentes ao terreno adjacente, como ilustra a Figura 18.

Na direção noroeste, existe um grande muro de contenção pertencente a um prédio construído a uma cota (altura) superior. O muro do prédio adjacente faz uma grande sombra nesta fachada, diminuindo a incidência solar principalmente nos primeiros andares. As fachadas sudoeste dos três primeiros blocos encontram-se voltadas para os blocos adjacentes do mesmo condomínio. Já no lado nordeste ocorre o contrário: os três últimos blocos possuem a fachada voltada para as torres adjacentes, e o primeiro para a rua de acesso.

Figura 18 - Fachada Sudeste bloco D



4.1.1.3. Manifestações patológicas

Neste item serão expostas as manifestações patológicas seguidas de suas hipóteses de causa e origem. Todas as fotos que ilustram as manifestações foram retiradas *in loco* durante as visitas realizadas ao local de estudo.

a) Manifestação 1A

A Figura 19 mostra fissuras em formato de mapa encontradas em diversos lugares das fachadas do condomínio. A foto em questão é da fachada sudeste do bloco A.

Figura 19 - Manifestação 1A



a.1) Hipóteses para a manifestação 1A

Manifestações patológicas na forma de fissuras que formam ângulos similares a 90° são comumente associadas a duas principais causas. A primeira hipótese levantada é relacionada à retração da argamassa: argamassas muito ricas (com alto teor de cimento na sua composição) estão sujeitas a aparição de fissuras devido a redução volumétrica da pasta de cimento durante o processo de hidratação (argamassas mais ricas apresentam maiores teores de pasta). Sendo assim, uma vez aplicadas, em poucos dias podem aparecer fissuras sem direções preferenciais, provenientes deste tipo de retração.

A segunda hipótese leva em consideração o fenômeno físico da absorção higroscópica dos materiais associada com a variação térmica: quando sujeito às intempéries climáticas, o material tende a ganhar e perder volume devido a absorção/perda de umidade e expansão/retração térmica. Quando esse ciclo se repete diversas vezes, ocorre a formação de fissuras no revestimento e a gradativa destruição da parede devido à fadiga do material.

a.2) Diagnóstico mais provável da manifestação 1A

A segunda hipótese levantada (de que os esforços gerados no reboco devido a variação volumétrica) foi considerada a mais provável. A primeira hipótese foi descartada por ter sido constatado *in loco* que a argamassa utilizada para o reboco aparentava ser pobre.

b) Manifestação 1B

Na fachada sudeste observa-se grandes manchas que variam da tonalidade marrom escuro ao laranja (Figura 20), provocada pela presença de microrganismos e sujidades. Manifestações semelhantes são encontradas em toda a edificação, entretanto, nas outras fachadas não possuem a mesma intensidade.

b.1) Diagnostico mais provável da manifestação 1B

Localizada no bloco D do condomínio, essa fachada praticamente não recebe incidência solar pelo fato de ser de orientação sul e por estar encoberta por uma árvore pertencente ao terreno adjacente. A falta de exposição ao sol permite que o revestimento permaneça úmido por mais tempo. Situações como esta, aliada com a presença de sujidades e matéria orgânica acumuladas na parede, geram condições propícias para a proliferação de microrganismos (fungos e algas) nas paredes (UEMOTO, 1988).

Além disso, a ausência/ineficiência de dispositivos que desviem o fluxo de água nas fachadas permite a formação de caminhos preferenciais, onde há um acúmulo ainda maior destes microrganismos (SABBATINI e BAÍA, 2008). Ainda, *in loco* verificou-se que a maioria dos dispositivos de pingadeiras possuíam suas saliências inferiores obstruídas por restos de argamassa ou sujidades, atrapalhando seu correto funcionamento. No caso dos peitoris, o avanço em direção a alvenaria recomendado para esse tipo de dispositivo não foi respeitado, permitindo fluxos concentrados de água nesses locais.

O fato de que o prédio não recebe manutenções preventivas (como lavagem e repintura das fachadas) permitiu que houvesse um

agravamento do problema. Dessa forma, esta manifestação patológica tem como origem a falta de manutenção e de projeto adequado.

Figura 20 - Manifestação 1B



c) Manifestação 1C

A manifestação seguinte caracteriza-se pela desagregação do revestimento argamassado junto com a camada de tinta. É possível notar também a presença de manchas esbranquiçadas no entorno, conforme ilustra a Figura 21.

Figura 21 - Manifestação 1C



c.1) Hipóteses para a manifestação 1C

Para esta manifestação foram levantadas duas hipóteses. A primeira leva em consideração que a argamassa utilizada possuía pouco cimento em sua composição (como já relatado anteriormente), o que acarretaria na baixa durabilidade do material e tornando esse menos estanque. A segunda assume que a manifestação em questão é decorrente da ação de eflorescências: devido a presença de umidade nas fachadas, sais presentes em elementos da estrutura do revestimento são solubilizados. Quando cristalizam, estes sais aumentam seu volume, exercendo no interior do revestimento pressões as quais podem causar a deterioração do reboco (NAPPI, 2002; CARASEK, 2010). Ainda, quando atinge a superfície do revestimento argamassado, a eflorescência pode prejudicar a aderência argamassa/pintura, ocasionando o desprendimento da tinta (UEMOTO, 1988)

c.2) Diagnóstico mais provável da manifestação 1C

Acredita-se que a manifestação 1C decorra de uma ação conjunta das duas hipóteses levantadas. Tanto o traço mal dosado/executado

quanto a ação de eflorescências levaram à desagregação do revestimento. Para evitar que o problema evolua, a camada de reboco deve ser retirada e reexecutada atentando para um traço que possibilite um acabamento final de maior qualidade.

A origem mais provável desse problema é a falta de manutenção e de projeto, no intuito da elaboração de especificações mais detalhadas sobre as características desejadas para o revestimento.

d) Manifestação 1D

A manifestação caracteriza-se por uma grande “abertura” vertical ao longo de toda a fachada do prédio. Junto dessa abertura, encontram-se diversas regiões com deslocamento do revestimento, vide Figura 22 e Figura 23.

Figura 22 - Manifestação 1D



Figura 23 - Deslocamento do reboco rente à junta de dilatação



d.1) Diagnóstico mais provável da manifestação 1D

Verificou-se que a grande abertura vertical se trata de uma junta de dilatação existente na fachada sudeste na divisa entre os blocos B1 e B2. Essa junta foi executada utilizando-se placas de isopor que separam a estrutura do bloco B1 do B2. Com o objetivo de se fazer a vedação da junta vertical de dilatação entre os blocos, executou-se uma fina camada de argamassa de revestimento sobre ela. Entretanto, não é indicado o uso de argamassa de revestimento para a função de vedação de juntas de movimentação: por não ser um material que suporta grandes deformações e movimentações, ele físsura ao ser submetido a esses esforços.

Para exercer a função de vedação deste tipo de junta deve se utilizar um material apropriado, como o mástique. Este é um material que geralmente é feito à base de poliuretano ou silicone e comumente utilizado para esse fim. Entretanto, o mástique possui uma vida útil que depende de alguns fatores, como tipo e qualidade do material e a exposição à radiação solar. Uma vez que esse se encontra com aspecto ressecado e quebradiço, o mesmo perde a sua função de movimentação e estanqueidade, devendo-se fazer a remoção e reaplicação (VERÇOSA, 1985). Quando deteriorado, o material permite que a água penetre na estrutura do revestimento, comprometendo o seu desempenho.

Acredita-se que o motivo do deslocamento em algumas regiões tenha decorrido da combinação de diversos fatores: excesso de umidade no local da junta, fissuras mapeadas na parede ao lado, movimentações térmicas e etc. Assim, atribui-se à origem dessa manifestação a falta de projeto específico, por não indicar uma solução apropriada para a vedação dessa junta, deixando e mesma exposta às intempéries.

e) Manifestação 1E

Verifica-se na Figura 24 uma físsura que acompanha a interface entre platibanda e alvenaria na fachada nordeste do bloco B1.

Figura 24 - Manifestação 1E



e.1) Diagnóstico mais provável da Manifestação 1E

A fachada em questão é a que recebe maior incidência solar, expondo seus elementos a maiores variações de temperatura durante o dia. Sendo o concreto um material que possui um coeficiente de dilatação térmica até duas vezes maior que a alvenaria, as movimentações térmicas diferenciadas entre a platibanda e alvenaria fizeram com que ocorresse o “descolamento” entre esses dois elementos (THOMAZ, 2007). Esse problema poderia ser prevenido com a utilização de elementos que suprissem esses esforços. Telas metálicas galvanizadas inseridas na argamassa de revestimento são comumente utilizadas para esse fim. A tela deve ser fixada sobre o encontro da alvenaria com o concreto, antes da aplicação do reboco. Assim, atribuiu-se a origem desta manifestação à falta de projeto específico.

f) Manifestação 1F

A manifestação seguinte caracteriza-se por grandes manchas escuras na cobertura da fachada noroeste da edificação, acompanhadas pela deterioração da pintura (Figura 25 e Figura 26).

Figura 25 - Manifestação 1F



Figura 26 - Vista lateral Manifestação 1F



f.1) Diagnóstico mais provável da manifestação 1F

Para essa manifestação, levantou-se somente uma hipótese. Observa-se no topo da edificação uma laje inclinada abaixo da caixa d'água. Verificou-se que a única forma de escoamento da água pluvial que se acumula nessa laje é uma tubulação de PVC instalada pelo lado de fora, como indicado na Figura 26. Não foi possível ter acesso a esse local, mas é notável a existência de vegetação crescendo bem próximo a onde se acredita ser a captação de água do cano PVC. Isso fica claro se ampliarmos a Figura 26 na Figura 27. Sendo assim, é possível que essa vegetação esteja obstruindo o escoamento da água.

Figura 27 Vegetação presente na Manifestação 1F



A água da chuva, por não conseguir escoar pela tubulação de esgoto pluvial, acumula-se sobre a laje, que, ao transbordar, escorre ao longo de toda a fachada. Assim, os locais em contato com esta água permanecendo úmido por mais tempo. Essa condição, associada à presença de sujidades e matéria orgânica, torna essa fachada propícia a biodeterioração decorrente de ataques de microorganismos como bolores. Por também se alimentarem de componentes das tintas, a proliferação intensa dos fungos fez com que o acabamento final de pintura ficasse prejudicado. Além disso, acredita-se que o fluxo intenso de água nessa localidade tenha permitido que se desencadeasse um processo de lixiviação na película de pintura.

Portanto, atribui-se como principal origem dessa manifestação patológica à falta de manutenção do condomínio, no sentido de se efetuar a limpeza adequada nos dispositivos de escoamento de água pluvial. Nota-se que um fator agravante para o desenvolvimento desse problema, é o fato de que a manutenção é dificultada por não haverem escadas nem outra forma de acesso ao local.

g) Manifestação 1G

Observa-se na parte inferior da fachada sudoeste do bloco A um grande deslocamento do revestimento argamassado. Nota-se também a armadura positiva da viga em avançado estado de corrosão, conforme ilustrado na Figura 28 e Figura 29.

Figura 28 Manifestação 1G



Figura 29 Detalhe Manifestação 1G



g.1) Diagnóstico mais provável da manifestação 1G

Para essa manifestação também se levantou somente uma hipótese. Conforme abordado no capítulo 2.2.5, o aço, quando inserido no concreto, encontra-se passivado: há uma camada protetora em sua superfície que retarda os processos corrosivos. Entretanto, um dos requisitos para manutenção de tal camada passivadora é que o cobrimento de concreto tenha espessura suficiente para evitar o ataque de agentes agressivos à armadura. A Figura 29 mostra que a camada de cobrimento existente é inferior a 15 mm, sendo que a NBR 6118 (2014) prescreve um cobrimento mínimo de 30 mm para zonas urbanas (CAA II).

Além disso, outros fatores também favoreceram o processo de corrosão da armadura: por se localizar na parte inferior da fachada, essa região tem maior contato com a água pluvial, recebendo e absorvendo parte da água que escorre da fachada. Ainda, não há revestimento argamassado na parte inferior de toda a viga (uma das funções do revestimento é proteger o substrato, sendo que a ausência deste deixou a armadura ainda mais exposta à ação de agentes agressivos).

Pelo fato do produto da corrosão ter maior volume que o aço original, tensões internas são criadas ocasionando o deslocamento tanto do concreto como do revestimento argamassado. Assim, atribui-se como principal origem dessa manifestação à falha na execução.

A manutenção nesse caso requer um trabalho mais dispendioso. Deve-se remover toda a camada de concreto na região onde a armadura encontra-se corroída até encontrar a armadura sã. Após isso, deve-se verificar se a seção da armadura se encontra comprometida. Caso não esteja, procede-se com a limpeza da armadura, eliminando a camada de corrosão. Em seguida aplicar sobre a armadura um produto inibidor de corrosão. Por fim, fazer a aplicação de argamassas propícias para esse tipo de reparo estrutural.

4.1.2. Condomínio Córrego Grande

O segundo estudo de caso está localizado no bairro do Córrego Grande. É um condomínio residencial multifamiliar com dois blocos como mostra a Figura 30.

Figura 30 Condomínio Córrego Grande – Fachada Noroeste



4.1.2.1. Descrição do edifício

O condomínio em questão está instalado em um terreno de 1200m² e possui uma área total construída de 8200m². Essa obra foi entregue aos moradores no ano de 2009 e conta com dois blocos de 7 pavimentos cada. O pavimento subsolo é destinado somente à garagem, o térreo é constituído por garagem, hall de entrada e áreas comuns (salão de festas/jogos, academia e piscina). Os quatro primeiros andares são de apartamentos tipo, enquanto o quinto é destinado à cobertura. Os pavimentos tipo contam com quatro apartamentos, já as coberturas somente dois.

A edificação possui estrutura em concreto armado, vedação em tijolos cerâmicos, revestimento externo de massa única de reboco com o traço 1:6 (uma parte de cimento para seis de areia fina), e acabamento final em textura pigmentada aplicada sobre selador acrílico. Foram escolhidas duas cores claras para a pintura, o branco e um bege claro, também próximo ao branco. As torres possuem alguns trechos de suas fachadas com revestimento externo cerâmico, especialmente na de orientação noroeste, entretanto, predomina a pintura na maioria das fachadas.

Em entrevista com o engenheiro responsável pela obra, o mesmo afirmou que nenhum tipo de projeto específico para fachadas foi utilizado, e que no decorrer dos seis anos de funcionamento do edifício, nenhum tipo de manutenção nas fachadas foi realizada. Este ainda comenta que, para que a pintura ficasse com o acabamento ideal, seria necessário mais uma demão de tinta, a qual não foi aplicada por questões internas.

4.1.2.2. Localização e entorno

O condomínio encontra-se na esquina das Ruas Acelon Eduardo da Silva e Nicolau Antônio Deschamps, em uma região residencial onde predominam casas de até dois pavimentos e prédios de médio e grande porte de até 10 pavimentos (Figura 31 Localização Condomínio Córrego Grande

Figura 31 Localização Condomínio Córrego Grande



Fonte: Google Maps

Do lado sul e oeste, as torres fazem divisas com as ruas que dão acesso ao condomínio, sem presença de edificações de maior porte ou vegetação que possam impactar de alguma forma na edificação. Entretanto à norte e leste, o condomínio encontra-se “cercado” por prédios de maior porte, impedindo a insolação destas fachadas em alguns períodos do dia. O condomínio, por estar em uma região residencial e ainda bastante arborizada, está menos exposto a ação prejudicial de poluentes atmosféricos se comparado com outros edifícios da região central de Florianópolis.

4.1.2.3. Manifestações patológicas

As manifestações serão expostas nos itens que seguem. Os registros fotográficos foram efetuados durante a visita à edificação. O método utilizado para obtenção dos diagnósticos foi exposto na seção de metodologia.

a) Manifestação 2A

A manifestação caracteriza-se por grandes planos de manchas alaranjadas na parte de fachada que corresponde à alvenaria (Figura 32).

Esses planos claramente são delimitados por componentes estruturais tais como pilares e vigas. Na interface desses dois elementos (alvenaria e estrutura) é possível observar a formação de fissuras como mostra a Figura 33. Diz-se nesses casos que a fachada se encontra fotografada. Esse tipo de manifestação foi encontrada somente nas fachadas de orientação sudoeste.

Figura 32 Manifestação 2A



Figura 33 Detalhe manifestação 2A



a.1) Diagnóstico mais provável da manifestação 2A

As manchas na parede são resultado da ação de microrganismos (fungos e algas). Fica claro pela configuração da manifestação, que essas agem principalmente na região correspondente à vedação de alvenaria. Isso se deve ao fato que essa, por ser muito mais porosa que o concreto, tem a capacidade de absorver/reter muito mais água. Uma vez que água é pré-requisito essencial para a proliferação desses microrganismos, a parte de alvenaria acaba sendo a mais atacada.

Outro fator que se mostrou agravante para esse problema foi o tipo de tinta aplicada nas fachadas. Por ser aplicado como textura, o acabamento final do revestimento apresenta muita rugosidade na superfície. Estas não só interferem no escoamento da água, mas também são locais de depósito de sujeira e material orgânico que serve de alimento aos microorganismos que degradam o revestimento

A segunda parte da manifestação são as fissuras no encontro alvenaria/concreto. Inicialmente supõe-se que essas possam ter origem por movimentações térmicas e/ou higroscópicas. A configuração desses tipos de fissura geralmente é bastante semelhante, possuindo uma direção preferencial. Isso fica claro observando que as fissuras verticais acompanham os pilares, e as horizontais, as vigas. Entretanto, como abordado anteriormente, essas manifestações foram encontradas somente nas fachadas de orientação sudoeste. Essas fachadas são as que possuem menor incidência solar durante o dia, recebendo sol somente durante alguns meses do ano, nos períodos da manhã e final de tarde. Desta forma, estão expostas a uma menor variação térmica no decorrer do dia se comparadas com as outras fachadas. Sendo assim, por manifestarem-se somente nessas fachadas, descarta-se a hipótese dessas fissuras ocorrerem por movimentação térmica.

O fenômeno da absorção higroscópica ocorre de acordo com o que foi explicado no item 2.2.3.1: por possuírem porosidades diferentes, o concreto e alvenaria sofrem variações volumétricas distintas. Como estão unidos, ao movimentar-se um em relação ao outro são criadas tensões internas. Quando o elemento mais solicitado não consegue absorver esses esforços, originam-se as fissuras.

A origem desses dois problemas está relacionada à falta de manutenção e projeto específico. O projeto poderia prever elementos que absorvessem os esforços internos no revestimento, como telas metálicas no encontro pilar/alvenaria e/ou juntas de movimentação. Além disso, poderia adotar um acabamento final menos rugoso, que retivessem menos sujidades, minimizando a proliferação de microrganismos.

b) Manifestação 2B

A manifestação caracteriza-se pelo deslocamento do revestimento de argamassa na base de um pilar localizado na fachada sudeste da edificação (Figura 34)

Figura 34 Manifestação 2B



b.2) Diagnóstico mais provável da manifestação 2B

Para essa manifestação levantou-se somente uma hipótese: corrosão da armadura do pilar, causando destacamento do revestimento. A presença de água na base do pilar, aliada a uma espessura de cobrimento do pilar possivelmente insuficiente, permitiram o contato do aço da estrutura com a umidade externa. Outros fatores, como a relação água/cimento acima do determinado pela norma, podem ter facilitado o mecanismo de corrosão. Além disso, regiões próximas à base do pilar estão mais sujeitas à segregação durante ao lançamento do concreto, resultando em um acúmulo de brita e pouca pasta, deixando a armadura mais exposta à agentes agressivos.

Uma vez que o produto da reação de corrosão possui um volume maior do que o aço original, são geradas tensões internas dentro do

concreto que se propagam para o revestimento externo. Estas tensões dão origem às fissuras e eventuais deslocamentos, como evidenciados na manifestação.

A umidade que possibilita à reação de oxidação da armadura pode ter duas origens: ascensão capilar, e à água de precipitação. Associa-se essa patologia à falhas de execução, sendo pelo qualidade da estrutura de concreto e/ou pela impermeabilização da base do pilar, por não terem sido executadas apropriadamente.

A manutenção nesse caso deve ser efetuada conforme abordado na manifestação 1G. Em seguida, deve ser re-executada a impermeabilização na base do pilar.

c) Manifestação 2C

Essa manifestação caracteriza-se pela presença de manchas escuras na fachada abaixo das janelas e peitoris (Figura 35 e Figura 36). Manchas como essas foram encontradas em toda edificação, sem predominância em nenhuma fachada.

Figura 35 Manifestação 2C



Figura 36 Detalhe manifestação 2C



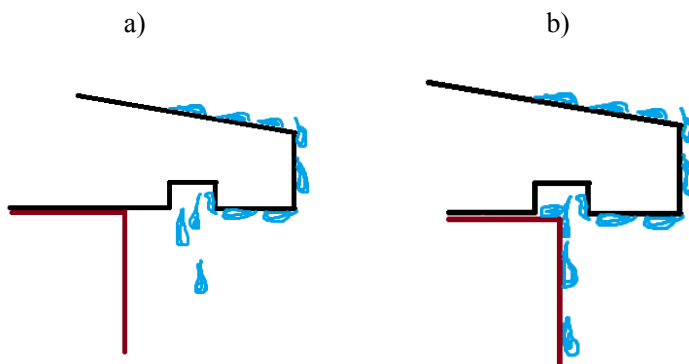
c.1) Diagnóstico mais provável para manifestação 2C

Para essa manifestação levantou-se somente uma hipótese: proliferação de fungos no revestimento. A ineficiência dos dispositivos de desvio do fluxo de água fez com que se formassem caminhos

preferenciais de escoamento da água de precipitação. Na Figura 36 observa-se a formação de manchas escuras nos cantos das soleiras. Isso se deve ao fato de que o dispositivo não possui o avanço em direção à alvenaria, permitindo o acúmulo de água nesse canto (SABBATINI e BAÍA, 2008). Pela coloração escura, constata-se que a manifestação decorre principalmente da proliferação de fungos. Já na Figura 35 nota-se que as manchas estão predominantemente na região central da soleira.

Observaram-se duas causas principais para esse problema. A primeira decorre do fato de a soleira não ter as dimensões corretas do parapeito. Isso fez com que os dispositivos de pingadeira ficassem muito próximos à parede em alguns pontos, e assim, prejudicando o seu funcionamento, conforme ilustra a Figura 37. Mesmo que a pingadeira esteja executada corretamente, não impede que a água escorra na fachada por estar muito próxima à parede.

Figura 37 – Funcionamento de uma pingadeira.



a) Execução correta; b) verificado *in loco*

A segunda decorre do fato de que existem fissuras na soleira de granito. Isso faz com que a água penetre por ela e escorra aos poucos pela fachada. Esses dois fatores permitem a presença de umidade nesses locais possibilitando a proliferação de fungos, conforme descrito anteriormente.

Atribui-se à origem dessa manifestação patológica, falhas de execução e de projeto. Recomenda-se para solucionar esse problema a

remoção das soleiras e substituição por outras que possuam as dimensões corretas e não possuam fissuras.

d) Manifestação 2D

Essa manifestação patológica caracteriza-se por uma fissura horizontal entre a viga do primeiro pavimento e a alvenaria (Figura 38). É possível observar que ao longo de toda a fissura existe uma coloração escura.

Figura 38 Manifestação 2D



d.1) Hipóteses mais prováveis de diagnóstico para a manifestação 2D

Para a manifestação 2D foram levantadas três hipóteses: movimentação térmica e higroscópica da viga em relação a armadura e proliferação de microorganismos

O concreto e a alvenaria comportam-se de forma diferente quando expostos às mesmas mudanças de condições climáticas: ao ser exposto a variações de temperatura, o concreto tende a alterar seu volume de forma mais expressiva que a alvenaria. Já quando expostos a

variações de umidade, pelo fato de alvenaria reter mais água, essa tem a tendência de expandir mais. Esses dois fatores fazem com que haja uma movimentação diferencial entre os elementos, gerando tensões de cisalhamento na interface desses dois materiais que dão origem às fissuras.

A existência dessa fissura permite que a água penetre com maior facilidade no revestimento. Ao se acumular umidade no local, esse se torna apto ao ataque de microorganismos. Por ser de tonalidade escura, levanta-se a hipótese dessa mancha ser uma manifestação decorrente da proliferação de fungos. Para um diagnóstico mais preciso seria necessária uma análise laboratorial, já que a olho nu torna-se muito difícil a distinção entre fungos e algas.

d.2) Diagnóstico mais provável da manifestação 2D

Acredita-se que essa manifestação patológica decorre da ação combinada das três hipóteses levantadas. Tal manifestação poderia ser evitada com a utilização de elementos que ajudassem a absorver os esforços de cisalhamento entre concreto e alvenaria. Um mecanismo que poderia ser utilizado seria a colocação da tela metálica galvanizada dentro do revestimento argamassado no encontro desses dois elementos. Com a presença desta tela, a fissura poderia ser evitada ou diminuída. Caso não houvesse a fissura, a manifestação de fungos provavelmente não ocorreria naquele local com aquela intensidade.

Essa manifestação patológica tem como origem a ausência de projeto específico de revestimento de fachadas, por não prever nenhum dispositivo que supra os esforços gerados pela movimentação diferencial dos dois materiais.

4.1.3. Condomínio Trindade

O terceiro objeto de estudo é um condomínio de quatro torres localizado no bairro da Trindade, na esquina das Ruas Lauro Linhares e Ogê Fortkamp. A Figura 39 ilustra o acesso ao condomínio.

Figura 39 Condomínio Trindade



4.1.3.1. Descrição do condomínio

A obra do Condomínio Trindade possui quatro torres de cinco pavimentos, e foi entregue aos moradores no ano de 1978. O pavimento térreo é destinado às garagens, e os outros quatro são ocupados por apartamentos tipo, sendo quatro por andar.

A estrutura da edificação foi executada em concreto armado com vedação em tijolos cerâmicos e revestimento argamassado. Não foi possível obter informações detalhadas sobre o traço utilizado na argamassa, mas pelo aspecto visual aparentava ser constituída por areia fina, cal e cimento. Para a pintura da fachada foi utilizada tinta acrílica executada em textura. As cores escolhidas foram o bege (na maior parte das fachadas) com detalhes em duas tonalidades de rosa.

De acordo com o zelador, o condomínio não recebe manutenções periódicas. Segundo ele, a última manutenção nas fachadas foi realizada há aproximadamente 10 anos, onde foi executada a repintura das torres e algumas outras pequenas intervenções nas fachadas. Durante a execução do registro fotográfico, observou-se que o condomínio realizava obras de impermeabilização das calhas e do telhado do bloco 3.

As fachadas das torres são bastante planas, com exceção das fachadas sudoeste e nordeste que possuem uma profunda reentrância, para onde ficam voltadas as áreas de serviço dos apartamentos. Essa região tende a ficar úmida por mais tempo devido a pouca exposição solar decorrente das reentrâncias.

4.1.3.2. Localização e entorno.

O condomínio encontra-se em uma região muito movimentada da cidade de Florianópolis (Figura 40), a qual é ocupada tanto por edificações residenciais como comerciais. Próximo ao campus da Universidade Federal de Santa Catarina, a Rua Lauro Linhares possui um alto volume de tráfego de veículos, de forma que o condomínio fica exposto diretamente à ação de gases emanados pelos automóveis.

Figura 40 Localização Condomínio Trindade



FONTE: Google Maps

O entorno do condomínio é composto basicamente de edificações de pequeno porte. Ao longo da fachada nordeste existe um edifício no

terreno adjacente. A única interferência causada por ele ocorre no início manhã, quando o mesmo bloqueia parte da incidência solar nessa fachada. Mesmo assim, esta permanece sendo a fachada que recebe maior incidência solar de todo o condomínio.

No lado sudeste dos três últimos blocos encontra-se os blocos adjacentes do mesmo condomínio. Já no lado noroeste ocorre o contrário: os três primeiros blocos possuem a fachada voltada para as torres adjacentes, e o último sem nada interferindo no entorno. As fachadas de orientação sudoeste não sofrem interferência significativa das edificações do entorno em relação a incidência solar. Apesar disso, estas ficam expostas ao sol por menos horas quando comparamos com as demais fachadas.

4.1.3.3. Manifestações patológicas

Serão expostas aqui as manifestações levantadas no Condomínio Trindade com o intuito de diagnosticá-las. Todos os registros fotográficos foram realizados *in loco* durante as visitas realizadas.

a) Manifestação 3A

A manifestação ilustrada pela Figura 41 caracteriza-se por manchas de tonalidades que vão do marrom ao laranja. Associadas às sujidades é possível perceber diversas fissuras mapeadas ao longo da fachada.

Figura 41 Manifestação 3A



a.1) Diagnóstico mais provável da manifestação 3A

A manifestação foi dividida em duas, já que foi levantado que elas decorem de causas diferentes. A primeira se trata das fissuras mapeadas no revestimento. A hipótese levantada nesse caso é de que a argamassa utilizada possa ter sido mal dosada, de forma que possuísse excesso de cimento ou de água na sua composição: conforme levantado na revisão de literatura, argamassas que possuem excesso de cimento na sua composição podem sofrer retração autógena excessiva. Já o excesso de água pode ocasionar retração por secagem de forma demasiada. Nos dois casos (retração autógena e por secagem) o efeito que aparece na argamassa são as fissuras em forma de mapa como ilustra a

Figura 41. Esse tipo de manifestação foi encontrada em todas as fachadas do condomínio. Para se reparar esse problema seria necessária a escarificação de todo o revestimento comprometido e reaplicação da argamassa com traço adequado.

A segunda manifestação (manchas nas paredes) foi causada pela proliferação de microorganismos. Pela coloração observada, leva-se a acreditar que se trata de ataque de algas. Para se certificar dessa suposição, foi feito um rápido teste: ao esfregar a ponta do dedo nas

áreas atacadas, percebeu-se que a mancha se espalhou (Figura 42), alterando um pouco a sua coloração. Isso se deve ao fato de que as algas sintetizam seus alimentos em cápsulas, as quais se quebram ao esfregá-las espalhando o conteúdo pela superfície.

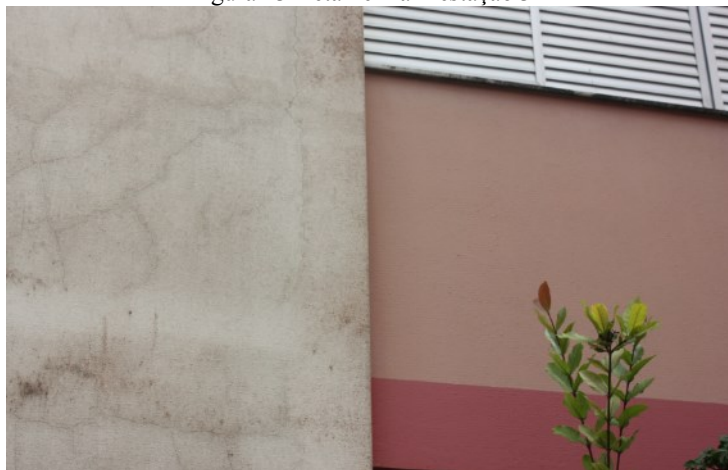
Figura 42 Algas manifestação 3A



É interessante notar que, assim como na manifestação 2A do Condomínio Córrego Grande, é possível distinguir os locais onde existem elementos estruturais e os locais onde há o fechamento em alvenaria, mesmo sobre o revestimento argamassado. Em situações como essa, diz-se que o revestimento se encontra fotografado. Uma vez que a alvenaria retém mais umidade do que o concreto, essa se torna mais apta ao ataque de microorganismos.

Outro fato que chama atenção é a diferença do ataque das algas na região onde a pintura é bege e onde é rosa (Figura 43). Na região onde foi utilizada a tinta clara, o ataque de algas se mostra muito mais intenso. Já onde a pigmentação é avermelhada praticamente não se nota a proliferação de microorganismos. De acordo com estudos realizados por Breitbach (2009), isso se deve ao fato de que tinta com algumas pigmentações como o azul e o vermelho, têm menores tendências a sofrer o ataque de microorganismos.

Figura 43 Detalhe manifestação 3A



Reforça-se que por mais que o ataque de algas seja mais visível, não se descarta a possibilidade de a região estar exposta a proliferação de fungos também. Novamente, lembra-se que para se obter um diagnóstico preciso seria necessária a execução de ensaios laboratoriais.

Por mais que as duas manifestações claramente decorram de causas diferentes, é possível que a existência de uma delas ajude a criar condições mais propícias para o desenvolvimento da outra. Quando o revestimento se encontra fissurado, ele perde parte da sua característica de estanqueidade. Assim, as fissuras existentes permitem que a umidade penetre e se acumule com maior facilidade no revestimento. Como já foi comentada, essa é uma das condições essenciais para o desenvolvimento de fungos e algas.

Dessa forma, acredita-se que a manifestação patológica identificada pelas fissuras tem como origem falhas no projeto. Isso se deve ao fato de não ter sido elaborado um traço adequado que evitasse a retração excessiva da argamassa. A manifestação caracterizada pela proliferação de algas foi associada principalmente a falta de manutenção do edifício, no sentido de não executar uma limpeza periódica nas fachadas. Como uma origem secundária, pode-se considerar que o projeto de fachada (caso existisse) não previu colorações diferentes para

a pintura, como o azul, vermelho e verde, que poderiam vir a minimizar esse tipo de manifestação.

b) Manifestação 3B

Observa-se grande fissura horizontal acompanhada por manchas escuras próximo ao telhado do bloco 3 (Figura 44).

Figura 44 Manifestação 3B



b.1) Diagnóstico mais provável da manifestação 3B

Esse tipo de fissura ocorre devido a movimentações térmicas diferenciais entre laje ou viga em relação a alvenaria. Manifestações muito semelhantes foram encontradas tanto no Condomínio Serrinha (Manifestação 1E) como no Condomínio Córrego Grande sendo abordadas (Manifestação 2D).

Nesse caso por ser parte da cobertura do prédio, a última laje tende a absorver mais calor que as outras lajes, intensificando a movimentação térmica. Fissuras como essa foram encontradas em diversos locais (entre pavimentos) no condomínio. Esse fato poderia ser evitado caso tivesse sido utilizado argamassa de encunhamento e previsto juntas de dilatação na vedação entre a laje da cobertura e a

alvenaria do último pavimento. Como forma de reparo, seria necessária a remoção do revestimento, e a execução da junta de dilatação corretamente.

Essa manifestação patológica tem como origem a falta/falha de projeto específico para fachadas por não propor uma alternativa de atenuação dos esforços gerados pela movimentação térmica.

c) Manifestação 3C

Notam-se três aspectos na manifestação: fissuras mapeadas, formação de manchas escuras e deterioração da película de tinta. A Figura 45 ilustra a situação.

Figura 45 Manifestação 3C



c.1) Diagnóstico mais provável da Manifestação 3C

A manifestação ocorre na reentrância da fachada nordeste do bloco 2. Essa região recebe pouca insolação durante o dia, o que possibilita que após períodos chuvosos a mesma permaneça úmida durante mais tempo que outros locais da edificação. As fissuras mapeadas decorrem da retração da argamassa, conforme já foi abordado

na Manifestação 3A, e são encontradas em todas as fachadas dos edifícios.

Buscou-se nesse caso, encontrar a causa de ter ocorrido o deslocamento da camada de tinta especificamente nesse local. O diagnóstico levantado leva em consideração que dentro do ambiente úmido dessa reentrância esse canto é o local mais exposto à umidade. A Figura 45, obtida por volta das 10:30 da manhã, demonstra que o sol já incide na região, com exceção do local específico. Isso ocorre pelo fato de que o prédio vizinho faz sombra nessa torre. Assim, acredita-se que aquela região só receba a incidência de raios solares em um período entre às 11:00 e às 13:30, isto é, durante duas horas e meia por dia.

O fato do deslocamento da tinta pode decorrer de diversos fatores. As fissuras mapeadas são transmitidas para a película de tinta, fazendo com que ela fissure também e tornando-a mais permeável. Por estar fissurada e exposta por mais tempo a condições de umidade, o revestimento fica mais sujeito a movimentações higroscópicas que podem prejudicar a aderência com a tinta. Além disso, essa mesma umidade proporciona condições favoráveis para o desenvolvimento de fungos na interface revestimento/película de tinta, novamente prejudicando a aderência entre os dois. É difícil precisar exatamente uma causa, mas supõe-se que seja uma combinação de diversos fatores.

Acredita-se que a origem da manifestação patológica está na falta de manutenção por não executar limpeza e repintura da região. Além disso, o traço inadequado da argamassa de revestimento permitiu que ela retraísse, ocasionando as fissuras. Assim, atribui-se também como origem da manifestação a ausência de projeto específico para fachadas.

Para o reparo dessa manifestação deve-se inicialmente remover o revestimento argamassado e substituí-lo por um que possua o traço adequado. Posteriormente, deve ser efetuada a repintura. Nota-se que essa é uma região mais sujeita a ocorrência de manifestações patológicas decorrentes da presença de umidade. Sendo assim, deve ser tomando um cuidado especial quanto à manutenção, que deve ser feita com mais frequência do que outras fachadas da edificação.

d) Manifestação 3D

Nota-se na Figura 46 a deterioração da película de pintura na fachada sudeste do Bloco 3. Observam-se também manchas escuras na pintura que acompanham o problema. A manifestação concentra-se no topo da edificação na região correspondente a platibanda do telhado.

Figura 46 Manifestação 3D



d.1) Diagnóstico mais provável da manifestação 3D

Para a manifestação levantou-se somente uma hipótese: biodeterioração decorrente da ação de microorganismos. Por ser uma fachada de orientação sul essa se mantém úmida por mais tempo. Além disso, constatou-se durante a visita ao local que no telhado em questão estavam ocorrendo serviços de impermeabilização das calhas e platibandas. Portanto, é provável que esses dois fatores, combinados com a deposição de sujeira e matéria orgânica decorrente da ação de chuvas, permitiram o desenvolvimento dos microorganismos. Pela coloração escura considera-se que a biodeterioração do revestimento seja causada pela ação de fungos. Conforme abordado na manifestação 1F, fungos também se alimentam de componentes das tintas, o que possibilita a deterioração da película de pintura. A origem desse problema está claramente na falta de manutenção, sendo ela a limpeza da fachada e a impermeabilização dos telhados.

4.2. ANÁLISE DE RESULTADOS

Dentro desse capítulo serão expostos os resultados dos estudos realizados com base nas informações coletadas *in loco*. De forma a se obter um melhor entendimento dos resultados, as análises serão divididas por obra, e terão o auxílio de gráficos e tabelas sempre que necessário.

Para o desenvolvimento desse trabalho, optou-se por analisar as manifestações patológicas com base em três diferentes critérios: causa, origem e efeitos no revestimento. Além desses será feita uma breve análise sobre a influência da umidade e da temperatura para o desenvolvimento dessas manifestações patológicas.

Observa-se na Tabela 4 um resumo das manifestações, seus efeitos e possíveis causas e origens.

Tabela 4 Resumo das manifestações

MANIFESTAÇÃO	CAUSA	ORIGEM	EFEITO
1A	Movimentação higroscópica associada à movimentação térmica	Projeto	Fissuras mapeadas
1B	Ataque de fungos e algas	Manutenção e projeto	Manchas e aspecto de sujidade
1C	Ação de eflorescências	Manutenção e projeto	Desagregação do revestimento
1D	Movimentações higroscópicas e térmicas	Falta de Projeto	Fissura linear e Deslocamento do revestimento
1E	Movimentação térmica	Projeto	Fissura linear
1F	Ataque de fungos	Manutenção	Manchas, aspecto de sujidade e
1G	Corrosão da armadura do concreto armado	Execução	Deslocamento do revestimento
2A	Ataque de fungos e algas	Manutenção e projeto	Manchas e aspecto de sujidade
2B	Corrosão da armadura do concreto armado	Execução	Deslocamento do revestimento
2C	Ataque de fungos	Execução e projeto	Manchas e aspecto de sujidade
2D	Movimentação higroscópica, movimentação térmica e ataque de fungos	Projeto	Fissura linear, manchas e aspecto de sujidade
3A	Retração da argamassa e ataque de algas	Manutenção e projeto	Fissuras mapeadas, manchas e aspecto de sujidade
3B	Movimentação térmica e ataque de fungos	Projeto	Fissura linear e aspecto de sujidade
3C	Retração da argamassa e ataque de fungos	Manutenção e projeto	Deslocamento da película de tinta, fissuras mapeadas e aspecto de sujidade
3D	Ataque de fungos	Manutenção	Aspecto de sujidade

4.2.1. Análise das causas das manifestações patológicas.

Nesse item as manifestações serão analisadas quanto às suas causas.

a) Condomínio Serrinha

A Tabela 5, ilustra de forma simplificada as causas das manifestações patológicas levantadas no Condomínio Serrinha.

Tabela 5 - Causas das manifestações Condomínio Serrinha

MANIFESTAÇÃO	Movimentação Higroscópica	Movimentação térmica	Eflorescências	Ataque de microorganismos	Corrosão da armadura	Retração da argamassa
1A	x	x				
1B				x		
1C			x			
1D	x	x				
1E		x				
1F				x		
1G					x	

Observa-se que as movimentações decorrentes de variações térmicas foram as principais causas das manifestações patológicas, aparecendo em três das sete levantadas. Entretanto, nota-se que em dois desses casos essa não foi a única causa. Após as movimentações térmicas, os ataques por microorganismos e movimentações higroscópicas dos materiais apareceram duas vezes como causas.

b) Condomínio Córrego Grande

A Tabela 6 mostra as causas das manifestações levantadas no Condomínio Córrego Grande

Tabela 6 Causas das manifestações Condomínio Córrego Grande

MANIFESTAÇÃO	Movimentação Higroscópica	Movimentação térmica	Efflorescências	Ataque de microorganismos	Corrosão da armadura	Retração da argamassa
2A				X		
2B					X	
2C				X		
2D	X	X		X		

Nesse caso o ataque por microorganismos foi levantado como principal causa das manifestações, estando presente em 75% dos casos.

c) Condomínio Trindade

As causas das manifestações levantadas no Condomínio Trindade são ilustradas na Tabela 7.

Tabela 7 Causas das manifestações Condomínio Trindade

MANIFESTAÇÃO	Movimentação Higroscópica	Movimentação térmica	Efflorescências	Ataque de microorganismos	Corrosão da armadura	Retração da argamassa
3A				X		X
3B		X		X		
3C	X			X		X
3D				X		

Nas causas das manifestações levantadas no estudo, chama atenção a presença da ação microorganismos (algas e/ou fungos) em todos os casos. As patologias que se manifestam em formas de fissuras facilitam a penetração de umidade no revestimento. Isso explica o motivo de boa parte das manifestações estarem acompanhadas de bolores, líquens ou algas mesmo que essas não sejam a causa principal.

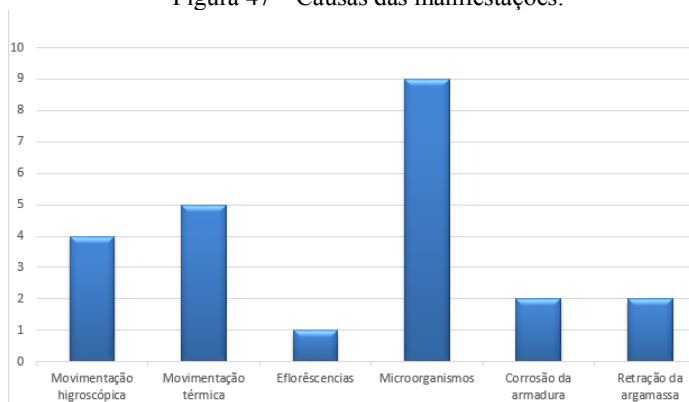
d) Análise conjunta das causas das manifestações patológicas.

Neste item serão avaliadas conjuntamente as causas das manifestações dos três condomínios estudados.

Levantou-se que a ação de microorganismos foi a principal causa geradora das manifestações patológicas. Os fungos ou algas estiveram presentes em 60% dos casos, aparecendo como causa em nove das quinze manifestações estudadas. É importante salientar que em alguns casos foram levantados mais de uma causa para uma mesma manifestação.

Os problemas causados pela variação volumétrica diferenciada entre os materiais também ocorreram com uma frequência relevante. Movimentações higroscópicas estiveram presentes em 26% das manifestações, e as térmicas em 33%. Menos expressivos foram corrosão de armadura e eflorescências que apareceram em 12 e 6% dos casos, respectivamente. A Figura 47 ilustra o número de vezes que cada causa foi constatada considerando-se os três estudos de caso.

Figura 47 – Causas das manifestações.



4.2.2. Análise das origens das manifestações patológicas.

Nesse item as manifestações serão analisadas quanto às suas origens: projeto, manutenção, material e execução. Englobam-se no item “projeto” todas as manifestações que tenham origem na falta ou falha de projeto.

a) Condomínio Serrinha.

A Tabela 8 mostra as origens das manifestações patológicas encontradas no condomínio Serrinha.

Tabela 8 Origens das manifestações Condomínio Serrinha

MANIFESTAÇÃO	PROJETO	MANUTENÇÃO	MATERIAL	EXECUÇÃO
1A	X			
1B	X	X		
1C	X	X		
1D		X		
1E	X			
1F		X		
1G				X

Observa-se que a falta de manutenção e projeto específico para as fachadas foram as principais origens das manifestações patológicas. Em dois dos casos, tanto manutenção quanto projeto, foram considerados origem dos problemas.

b) Condomínio Córrego Grande

Verifica-se na Tabela 9 as origens das manifestações levantadas no condomínio.

Tabela 9 Origens das manifestações Condomínio Córrego Grande

MANIFESTAÇÃO	PROJETO	MANUTENÇÃO	MATERIAL	EXECUÇÃO
2A	X	X		
2B				X
2C	X			X
2D	X			

No Condomínio Córrego Grande as origens relacionadas à falta de projeto somaram 75% dos casos. Acredita-se que por ser uma edificação de menor idade (6 anos) os problemas de projeto e execução são os mais evidentes. Com o passar do tempo, problemas decorrentes do uso da edificação começam a aparecer com mais frequência, isso é, caso a manutenção preventiva não seja executada.

c) Condomínio Trindade

Através do estudo realizado foi possível desenvolver a Tabela 10 que associa as manifestações com suas origens.

Tabela 10 Origens das manifestações Condomínio Trindade

MANIFESTAÇÃO	PROJETO	MANUTENÇÃO	MATERIAL	EXECUÇÃO
3A	X	X		
3B	X			
3C	X	X		
3D		X		

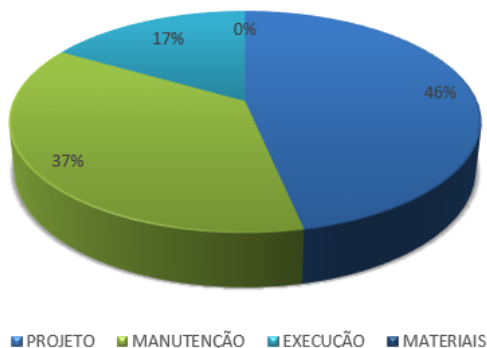
No Condomínio Trindade todas as origens das manifestações patológicas foram associadas ou a falta de manutenção ou a inexistência de projetos específicos de fachada. Em 50% dos casos constatou-se que os problemas encontrados possuíam as duas origens.

d) Análise conjunta das origens das manifestações

Foi constatado que a principal origem das anomalias encontradas nos três condomínios foi relacionada a problemas associados a projeto (46%). É compreensível que haja tantos problemas relacionados à falta de especificação de projeto nos condomínios mais antigos como o Serrinha e o Trindade. O cuidado com a execução de projetos de fachadas é recente. Dessa forma, chama atenção o descaso de condomínios mais recentes como o caso Córrego Grande por não se atentarem a esse tipo de definições.

A falta de manutenção representou 37% (Figura 48) das origens das manifestações. Esse número deixa claro que os condomínios só deixam para realizar as intervenções quando os problemas já são irreversíveis. Em entrevistas com funcionários dos condomínios, todos afirmaram que não possuem nenhum tipo de contrato de manutenção periódica de fachadas.

Figura 48 - Origem das manifestações



Observa-se na Figura 48 que não foi levantada nenhuma origem relacionada a problemas nos materiais utilizados. Vale salientar, que esse fato não significa que não ocorreram problemas dessa origem, e sim, que seriam necessárias análises laboratoriais para se fazer essa constatação.

Ainda com uma parcela significativa, falhas de execução representaram 17% das origens levantadas. Esse tipo de problema é mais difícil de ser evitado, uma vez que nem sempre é possível acompanhar o trabalho executado por todos operários. Entretanto, uma vez que o serviço é realizado, é primordial que ele seja inspecionado e aprovado em determinados critérios de qualidade.

4.2.3. Análise dos efeitos no revestimento argamassado.

Serão analisados nesse tópico os efeitos causados pelas manifestações patológicas no revestimento argamassado.

a) Condomínio Serrinha

Foram levantados seis efeitos diferentes no revestimento de fachada. É possível assim relacionar os efeitos e as suas causas e observar as diversas formas de degradação a qual as fachadas do condomínio estão sujeitas (Tabela 11).

Tabela 11 Efeitos das manifestações Condomínio Serrinha

MANIFESTAÇÃO	Fissuras lineares	Fissuras mapeadas	Desagregação do revestimento	Sujidades	Deslocamento do revestimento	Biodeterioração
1A		X				
1B				X		
1C			X			
1D	X				X	
1E	X					
1F				X		X
1G					X	

A Tabela 11 pode passar a falsa impressão de que não houve predominância de nenhum efeito no condomínio. Entretanto, é importante salientar que algumas manifestações podiam ser encontradas em diversos locais das fachadas do prédio. Para que o trabalho não se tornasse muito extenso e repetitivo, foi abordado somente uma vez cada tipo de manifestação patológica que possuísse as mesmas causas, origens e efeitos. Sendo assim, vale comentar que fissuras mapeadas, sujidades e fissuras lineares foram encontradas em maior número quando comparadas com desagregação e deslocamento do revestimento, que foram identificadas em regiões mais específicas do condomínio.

b) Condomínio Córrego Grande

Os efeitos das manifestações do Condomínio Córrego Grande estão expostos na Tabela 12 Efeitos das manifestações Condomínio Córrego Grande

Tabela 12 Efeitos das manifestações Condomínio Córrego Grande

MANIFESTAÇÃO	Fissuras lineares	Fissuras mapeadas	Desagregação do revestimento	Sujidades	Deslocamento do revestimento	Biodeterioração
2A				X		
2B					X	
2C				X		
2D	X			X		

De acordo com a Tabela 12 percebemos que o efeito de sujidade causado pela proliferação de microorganismos foi o mais encontrado na edificação. Essa tabela corresponde com a realidade, apesar de não ser um efeito que tenha um impacto grande na vida útil da edificação, as manchas existentes nas fachadas deixam um aspecto de descuido. Problemas como esse podem acarretar em desconforto aos moradores e depreciação do valor do imóvel.

c) Condomínio Trindade

Os efeitos encontrados no revestimento do terceiro estudo de caso estão expostos na Tabela 13.

Tabela 13 Efeitos das manifestações Condomínio Trindade

MANIFESTAÇÃO	Fissuras lineares	Fissuras mapeadas	Desagregação do revestimento	Sujidades	Deslocamento do revestimento	Biodeterioração
3A		X		X		
3B	X			X		
3C		X		X	X	
3D				X		X

Observa-se a predominância das manifestações caracterizadas por manchas e sujidades. Esse fato já era previsível uma vez que constatado que as patologias decorrentes da ação de microorganismos estavam presentes em todas as manifestações levantadas nesse condomínio.

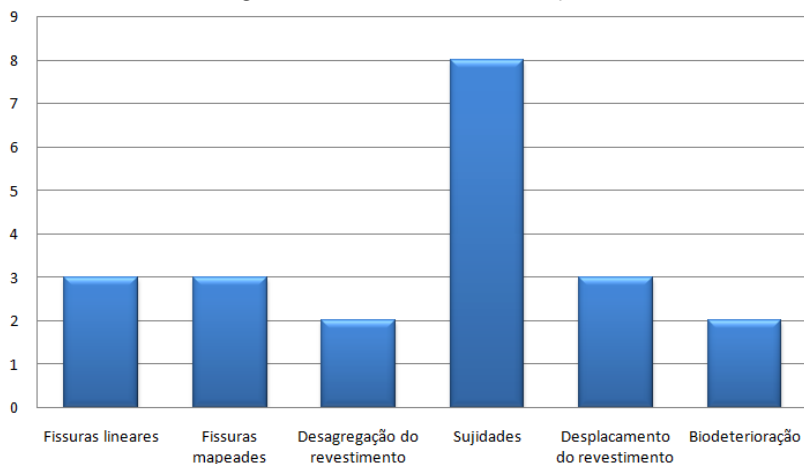
d) Análise conjunta dos efeitos das manifestações

Dentre os três estudos de casos efetuados foram levantados seis diferentes efeitos causados pelas manifestações patológicas. Constatou-se que o aspecto de sujidade causado pela proliferação de

microorganismos no revestimento foi o efeito mais encontrado. Em 60% das manifestações foram observados fungos e algas que de alguma forma interferiram no desempenho do revestimento. Problemas como esses usualmente são de fácil resolução, podendo em muitos casos ser solucionados somente com a limpeza periódica das fachadas. Em casos mais graves, é também necessário a repintura da mesma, mas dificilmente se faz necessária a intervenção no revestimento argamassado.

Com 20% de frequência apareceram: fissuras lineares, mapeadas e deslocamento do revestimento. Esses tipos de manifestação requerem um reparo mais dispendioso. Usualmente, para a manutenção desses problemas é necessária a remoção e reexecução do revestimento argamassado e da camada de pintura. A Figura 49 ilustra o número de vezes que cada um dos efeitos apareceu considerando os três condomínios.

Figura 49 - Efeitos das manifestações



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos de caso efetuados mostraram que o revestimento argamassado permite um bom acabamento e pode apresentar durabilidade. Entretanto, se manutenções periódicas não forem executadas, detalhes de projetos não forem definidos e a execução dos serviços não forem supervisionadas, problemas que comprometem a qualidade do revestimento certamente aparecerão.

Através das análises, ficou evidente que o aparecimento das manifestações patológicas decorre de diversos agentes degradantes diferentes. Umidade, temperatura, incidência solar e ação de ventos são fatores que influenciam no aparecimento e desenvolvimento destas manifestações. Observou-se que 100% das manifestações patológicas levantadas tiveram influência direta da umidade e/ou da variação de temperatura. Dessa forma, esses aspectos devem ser analisados antes de se fazer qualquer tipo de definição relacionada às características do revestimento a ser adotado.

Quanto às origens das manifestações, a inexistência de projetos específicos para as fachadas se mostrou determinante para o surgimento de manifestações patológicas. Todos os condomínios estudados comprovadamente sofrem com problemas relacionados a umidade excessiva em fachadas, que poderiam ser evitados com simples definições de projetos. Dispositivos que desviam o fluxo de água, por exemplo, poderiam ser a solução em muitos dos casos. Mesmo que não tenham sido previstos na época da construção do edifício, algumas dessas soluções podem ser adotadas mesmo depois da obra entregue, de forma a minimizar a necessidade de manutenções. Vale salientar que a inexistência de projetos de fachadas é justificável nos casos dos Condomínios Trindade e Serrinha, já que na época da construção destes não se preocupava com esse tipo de definição. Entretanto, constata-se que houve negligência no Condomínio Córrego Grande, no qual 75% das manifestações patológicas observadas decorrem de indefinições de projeto. Ainda, levando em consideração que tal condomínio possui apenas 6 anos, esses tipos de problemas poderiam ser evitados com a contratação de profissionais especializados em projetos de fachadas.

Os efeitos das manifestações avaliadas foram diversos, dentre eles destacando-se as sujidades causadas pela proliferação de

microorganismos. O clima quente e úmido encontrado na cidade de Florianópolis proporciona condições ideais para o desenvolvimento tanto de fungos quanto de algas. Uma medida preventiva utilizada que mostrou bons resultados foi a escolha de tintas com pigmentações menos suscetíveis ao desenvolvimento dessas manifestações. O estudo levantou que esse tipo de efeito esteve presente em 60% das manifestações. Por mais que o aspecto de sujidade seja desagradável, esse é o tipo de efeito mais fácil de ser reparado e prevenido (na maioria dos casos, a simples limpeza periódica da fachada já pode fazer com que o problema seja resolvido). Do contrário, casos como fissuração da argamassa e corrosão de armadura exigem reparos mais amplos e dispendiosos.

Em relação aos serviços de manutenção, foi notável o despreparo das pessoas responsáveis pelo gerenciamento dos condomínios. Além da falta de manutenção periódica (a qual já foi abordada outras vezes no decorrer deste trabalho), observaram-se serviços de manutenção mal executados. Diversas intervenções pontuais, as quais provavelmente foram efetuadas sem a consultoria ou acompanhamento de profissionais capacitados, simplesmente mascararam os problemas ao invés de resolvê-los. Casos como esses, além de dificultarem o diagnóstico das manifestações patológicas, permitem que elas se desenvolvam sem que sejam percebidas. Novamente, ressalta-se que quanto mais se prolonga o reparo, mais trabalhosa e custosa torna-se a manutenção. Ainda, o estudo realizado levantou que 37% de todas as manifestações levantadas tiveram como origem a falta de manutenção.

Não é por acaso que os revestimentos argamassados de fachadas são os mais utilizados no Brasil, tanto em residências quanto em edifícios. Estes são de fácil execução, possuem baixo custo e permitem um bom acabamento. Contudo, cabe aos responsáveis pelas edificações garantir que os mesmos atendam aos critérios de desempenho ao longo de sua vida útil. De encontro a isso, a ABNT NBR 14037 (1998) faz exigências relacionadas à elaboração do manual de operação, uso e manutenção das edificações. Com o desenvolvimento destes manuais, o nível de instrução dos responsáveis pela conservação do condomínio tende a aumentar, fazendo com que tais cuidados passem a ser rotineiros. Outra opção para suprir o despreparo dos funcionários está na terceirização dos serviços de administração do condomínio: uma empresa que possua experiência na área passaria a ter responsabilidade

por todos os procedimentos, não só relacionados à manutenção, mas à toda gestão da edificação.

Por fim, pode-se sugerir para trabalhos futuros um estudo comparativo entre o custo de manutenções preventivas e manutenções emergenciais. Complementarmente, pode-se estimar o custo da elaboração de projetos específicos de fachadas, comparando-os com os gastos relacionados a manutenções que se originem na ausência desses projetos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALUCCI, M.P.; FLAUZINO, W.D.; MILANO, S. **Bolor em edificações: Causas e recomendações. Tecnologia de Edificações**, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de Trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988.p.565 -170.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT, **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 13749**: revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de Revestimentos de Argamassa**. São Paulo: Abcp, 2002.

BREITBACH, A.M. **Avaliação da influência das cores sobre a biodeterioração da pintura externa**. Dissertação (Mestre) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina UFSC, Florianópolis SC, 2009.

BERTOLINI, L. **Materiais de Construção: Patologia, reabilitação e prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

CINCOTTO, M. A. **Argamassas de revestimentos: Características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. – (Publicação IPT 2378).

CARASEK, H. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2010.

FIORITO, A. J.s.i.. **Manual de Argamassas e Revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2009.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções. Boletim técnico n. 06.** São Paulo: USP, 1986.

MACIEL, L. L.; MELHADO, Silvio Burrattino. **A Inserção do Projetos de Revestimentos de Argamassa de Fachada no Processo de Produção do Edifício.** São Paulo: Usp, 1997.

NAKAKURA, E. H.; CINCOTTO, M. A. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento. Boletim técnico n. 359** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2004.

NAPPI, S. C. B. **Uma solução alternativa para prorrogação da vida útil dos rebocos com salinidade em edificios históricos.** Florianópolis, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina.

PADARATZ, I. J. **Patologia das construções.** Notas de aula, Curso de Graduação em Engenharia Civil – UFSC , 2014

PANDOLFO, ET AL. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis Epagri, 2002

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas. Tecnologia de Edificações,** São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p.571-78.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2000. 82 p.

SATO, N. M. N.; al. **Penetração de umidade e crescimento de fungos em fachadas.** São Paulo: EPUSP, 2000.

SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto armado.** São Paulo: Pini, 2009.

TÉCHNE: **Trinca ou fissura?** São Paulo: Pini, julho 2010. Disponível

em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>>. Acesso em: 14 de junho de 2015.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo, Ed. PINI, 2007.

UEMOTO, K.; AGOPYAM, V.; BRAZOLIM, S. **Degradação de pinturas e elementos de fachada por organismos biológicos**. São Paulo: EPUSP, 1999.

UEMOTO, K. L. **Patologia: Danos causados por eflorescência. Tecnologia de Edificações**, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p. 561-64

VERÇOSA, E. J. **Impermeabilização da Cnstrução**. Porto Alegre: Sagra, 1985.

VERÇOSA, E. J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre, Ed. Sagra, 1991.