

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG

Djalma Aparecido Vieira

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM
REVESTIMENTOS DE FACHADAS COM ROCHAS
ORNAMENTAIS**

**Belo Horizonte
Janeiro de 2019**

Djalma Aparecido Vieira

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM
REVESTIMENTOS DE FACHADAS COM ROCHAS
ORNAMENTAIS**

Trabalho apresentado ao curso de Pós-Graduação da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, como requisito parcial para a conclusão do curso de Gestão e Sustentabilidade na Construção Civil.

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior

**Belo Horizonte
Janeiro de 2019**

Djalma Aparecido Vieira

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM
REVESTIMENTOS DE FACHADAS COM ROCHAS
ORNAMENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em ____ de _____ de 2019, ao
Curso de Especialização de Gestão e Sustentabilidade na Construção Civil, aprovado
pela banca examinadora constituída pelo professor:

Prof. Dr. Antônio Neves de Carvalho Júnior
UFMG – Escola de Engenharia

RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão teórica sobre as patologias que afetam a durabilidade e a eficiência das rochas ornamentais de fachada. Tem como foco, o estudo das principais patologias incidentes nos revestimentos argamassados, enfatizando a influência que as características dos materiais, a mistura dos mesmos, os métodos de execução e a ação de fatores externos exercem sobre os revestimentos, assim como a inter-relação destes diversos fatores com a durabilidade e o desempenho das argamassas.

Em muitos casos, as manifestações patológicas são geradas pela ausência de detalhamento no projeto executivo, pela desatenção dos usuários em relação aos procedimentos apropriados para a instalação dos revestimentos, pela incompatibilidade dos materiais com as condições do meio ambiente e pela carência de cuidados necessários antes e após o assentamento.

Através dos estudos de casos dos Edifícios “A” e “B” pertencentes ao TJMG, serão apresentadas análises das patologias manifestadas nas fachadas dos edifícios e as identificações das soluções mais condizentes com as situações.

Palavras-chave: Patologias. Revestimentos cerâmicos. Fachadas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO GERAL	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 Caracterização e função do sistema de revestimento de fachada.....	13
3.2 Processos de execução dos revestimentos.....	14
3.2.1 Fixação das placas por colagem.....	15
3.2.2 Fixação das placas pétreas por componentes metálicos.....	25
3.3 Propriedades dos revestimentos.....	28
3.3.1 Propriedades da base.....	29
3.3.2 Propriedades do substrato.....	29
3.3.3 Propriedades da tela.....	30
3.3.4 Propriedade da argamassa convencional.....	30
3.3.5 Propriedades dos componentes metálicos.....	31
3.3.6 Propriedades das placas pétreas.....	31
3.3.7 Propriedades dos selantes.....	32
3.4 Principais patologias do revestimento pétreo.....	33
3.4.1 Anomalias estéticas.....	34
3.4.2 Perda de integridade.....	38
3.4.3 Anomalias na fixação ao suporte.....	39
3.4.4 Degradação do rejuntamento.....	40
3.4.5 Prevenção de patologias.....	41
4. ESTUDO DE CASO EDIFÍCIO “A”	42
4.1 Apresentação do caso.....	42
4.2 Forma de fixação das placas.....	42
4.3 Manifestações patológicas identificadas no edifício.....	43
4.3.1 Descolamento.....	44
4.3.2 Degradação das juntas.....	45
4.3.3 Fissuras.....	46
4.3.4 Trincas.....	47
4.4 Recuperação adotada para o sistema de revestimento.....	47
5. ESTUDO DE CASO EDIFÍCIO “B”	49
5.1 Apresentação do caso.....	49
5.2 Forma de fixação das Cerâmicas.....	49
5.3 Manifestações patológicas identificadas no edifício.....	49

5.3.1	Descolamento	50
5.4	Recuperação adotada para o sistema de revestimento.....	51
6.	CONCLUSÃO	53
7.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	54

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Deslocamento de revestimento na fachada do Edifício “B”	10
FIGURA 2: - Deslocamento de revestimento em pilar de fachada.....	10
FIGURA 3: Fixação para revestimentos de grande espessura	14
FIGURA 4: Processo de fixação das placas por colagem.....	15
FIGURA 5: Ancoragem oculta em fachada colada.	16
FIGURA 6: Detalhe de montagem em fachada colada.	17
FIGURA 7: Componentes do substrato.	19
FIGURA 8: Instalação da tela galvanizada no suporte.....	20
FIGURA 9: junta de assentamento.	23
FIGURA 10: junta de movimentação.	24
FIGURA 11: junta de dessolidarização	25
FIGURA 12: Detalhe do auxiliar GFix	28
FIGURA 13: Lançamento da argamassa fluida.....	30
FIGURA 14: Eflorescência em revestimento de fachada com placa de rocha.	35
FIGURA 15: Exemplo de modificação da coloração original de uma placa pétrea.....	36
FIGURA 16: Exemplo de mancha de umidade.	37
FIGURA 17: Exemplo de revestimento pétreo deteriorado.	38
FIGURA 18: Trincamento.	39
FIGURA 19: Exemplo de deterioração de juntas.	41
FIGURA 20: Fachada Frontal do Edifício “A”.....	42
FIGURA 21: Esquema do sistema de revestimento do Edifício “A”.....	43
FIGURA 22: Efetiva separação entre a argamassa de assentamento e o substrato.....	44
FIGURA 23: Descontinuidade da argamassa.	45
FIGURA 24: Falhas no rejuntamento.....	46
FIGURA 25: Fissuras nas placas de granito.....	46
FIGURA 26: Parafusamento com bucha química e teste em fachada	47
FIGURA 27: Fachada Frontal do Edifício “B”.....	49
FIGURA 28: Fachada Posterior do Edifício “B”.....	49
FIGURA 29: Deslocamento cerâmico na Fachada	50
FIGURA 30: Eflorescência na Fachada.....	50
FIGURA 31: Efetiva separação entre a argamassa de assentamento e o substrato.....	50
FIGURA 32: Falha na Aplicação do Chapisco, Emboço e Aplicação da Argamassa Colante. ...	51
FIGURA 33: Retirada das Cerâmicas das fachadas.....	52
FIGURA 34: Fachada antes da Reforma.....	52
FIGURA 35: Fachada depois da Reforma	52

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Propriedades importantes para a escolha e utilização da rocha em revestimento conforme o emprego.	31
TABELA 2: Ocorrência das patologias e as respectivas localizações.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BS	<i>British Standards Institution</i>
NBR	Norma Brasileira Registrada
SBR	Resina de Estireno Butadieno
TJMG	Tribunal de Justiça de Minas Gerais

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda por produtos duráveis e com o forte efeito estético no mercado da construção civil, existe atualmente uma grande variedade de materiais disponíveis e diversos fatores determinantes para a escolha mais adequada ao projeto. Estes fatores vão desde a estética desejada à resistência requerida no local de utilização, assim como a durabilidade e facilidade de limpeza e manutenção.

A argamassa é um dos produtos de maior utilização na construção, estando presente em revestimentos e assentamentos de alvenarias. Os sistemas de revestimentos de argamassa são integrantes das vedações e são fundamentais para a durabilidade dos edifícios. Desempenham funções de absorção das deformações naturais a que as alvenarias estão sujeitas, assim como de revestimento e proteção uniforme contra agentes agressivos externos. Apesar da intensa utilização dos revestimentos argamassados, é muito frequente a ocorrência de patologias nos mesmos, o que ocasiona prejuízos aos diversos setores envolvidos, podendo, em algumas circunstâncias, causar graves acidentes. Nas FIGURAS 1 e 2 podem ser observados dois casos de deslocamentos de revestimentos cerâmicos.

FIGURA 1: Deslocamento de revestimento na fachada do Edifício “B”



Fonte: O autor (2004).

FIGURA 2: - Deslocamento de revestimento em pilar de fachada.



Fonte: ROSCOE, M.T (2008).

“Principalmente, no caso das fachadas, as patologias dos revestimentos comprometem a imagem da Engenharia e Arquitetura do país, sendo uma agressão às vistas da população, à integridade das edificações e ferindo o conceito de habitabilidade, direito básico dos proprietários das unidades imobiliárias. Além da desvalorização natural do imóvel devido aos aspectos visuais, a base dos revestimentos (alvenaria ou concreto), sem o adequado acabamento final, torna-se vulnerável às infiltrações de água e gases, o que consequentemente conduz a sérias deteriorações no interior dos edifícios, podendo ser as mesmas de ordem estética ou até mesmo estrutural”. (CARVALHO JR. *et al.*, 1999).

Para Carasek (2007), a deterioração prematura dos revestimentos de argamassa é decorrente de processos físicos, mecânicos, químicos e biológicos. No entanto a autora afirma que os fenômenos frequentemente se sobrepõem, sendo necessário considerar também suas interações. A ação destes processos sobre as argamassas se manifesta através de efeitos físicos nocivos como: desagregação, descolamento do revestimento, vesículas, fissuração e aumento da porosidade e da permeabilidade.

Neste trabalho serão abordadas as principais causas relacionadas ao aparecimento de patologias em revestimentos de fachadas, com o intuito de obter informações quanto aos procedimentos a serem executados durante a fase de implantação para evitar tais anomalias, e as consequências de sua presença nas funções do sistema construtivo. Após a identificação da origem e o tipo das patologias, serão estudadas as melhores soluções para evitar e sanar os problemas advindos da má utilização deste revestimento.

2. OBJETIVO GERAL

A realização do presente estudo objetiva contribuir para o aperfeiçoamento e desenvolvimento dos procedimentos construtivos de revestimentos de fachadas em edifícios, através da apresentação de estudos de casos e de sua analogia à literatura contida no referencial teórico, abordando os aspectos envolvidos no processo de implantação e ressaltando como a utilização de métodos inadequados pode contribuir para o desenvolvimento de patologias, e por fim, apresentar as soluções mais apropriadas de acordo com os casos estudados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O referencial teórico deste trabalho aborda conceitos fundamentais sobre as manifestações patológicas mais presentes em revestimentos de fachada, as causas que originam a formação das mesmas, suas consequências ao sistema construtivo e demais elementos relevantes acerca do tema.

3.1 Caracterização e função do sistema de revestimento de fachada

Na prática é possível avaliar um edifício como uma associação de elementos básicos classificados em quatro categorias conforme a sua aplicação. A primeira é composta por elementos responsáveis pela estrutura do edifício, a segunda engloba os elementos que constituem a vedação exterior, a penúltima faz referência à parte interna da construção, enquanto que a quarta e última, reúne todos os componentes das instalações prediais. Cada elemento apresenta uma função exclusiva, que quando bem executada e em harmonia com as demais, colabora para a perfeita integração do conjunto (SABBATINI *et al* 1998).

Para AGOPYAN (*apud* OLIVEIRA JUNIOR, 2005), a vedação externa apresenta como função predominante desenvolver condições de habitabilidade para o edifício, atuando como mediadora entre os meios externos e internos do edifício e modificando as condições interiores, conforme exigido pelo usuário.

O revestimento é parte integrante da vedação exterior de um edifício. Suas funções são diversas, partindo desde a proteção à alvenaria, regularização das superfícies, estanqueidade, até as funções de natureza estética, por ser componente do acabamento final. (BAUER *et al* 2005)

O desempenho de um revestimento está intimamente relacionado à funcionalidade do suporte, e os dois, ao atuarem conjuntamente, apresentam como principais funções a estanqueidade à água e aos gases, o isolamento termo- acústico, a segurança ao fogo, a resistência aos choques e atritos, e a durabilidade. As placas podem apresentar como suporte as argamassas convencionais, as argamassas colantes, colas especiais, ou ainda, serem sustentadas por componentes metálicos. A função de proteção, própria dos revestimentos, encontra-se interligada à questão de durabilidade deste conjunto, uma vez que evita a ação direta dos agentes agressivos atuantes sobre a superfície dos edifícios. A durabilidade pode ser

interpretada como a disposição de manter o desempenho de suas funções ao longo do tempo, sendo assim considerada uma propriedade complexa e dependente de vários fatores, que pode ser comprometida, devido ao surgimento de diversos tipos de patologias. (FLAIN, 1995 *apud* OLIVEIRA JUNIOR, 2005).

3.2 Processos de execução dos revestimentos

As placas cerâmicas e de rochas ornamentais podem ser fixadas de duas formas básicas. A primeira consiste na adesão físico-química ou aderência mecânica com ou sem ancoragem de segurança, na qual são utilizadas as argamassas colantes, convencionais ou colas especiais. A segunda forma é executada pela ancoragem mecânica por meio de componentes metálicos. (FLAIN e SABBATINI, 1995).

No que se diz respeito a colocar na fachada materiais com uma espessura acima de 20 mm o ideal é fixar uma peça sobre a margem superior e inferior, para que os perfis horizontais possam acomodar e fixando-se assim ao resto da estrutura dos perfis verticais mediante grampos de aço.

Embora tenha sido desenvolvido para pedra natural, este sistema também permite a colocação de uma variedade de revestimentos tais como peças de fibrocimento, painéis cerâmicos, elementos de grande calibre, etc.

FIGURA 3: Fixação para revestimentos de grande espessura

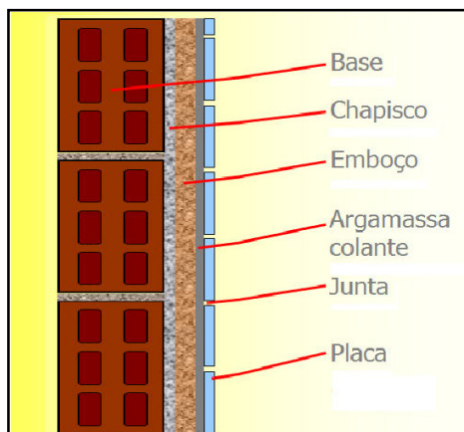


Fonte: Dossier Técnico-Econômico, (2006).

3.2.1 Fixação das placas por colagem

Para Carvalho Junior *et al.* (2010), as etapas do processo de assentamento com argamassa colante consiste na seguinte sequência: confecção da base (alvenaria ou concreto), aplicação da camada de chapisco, utilizando-se uma argamassa fluida e que pode ser aplicado de forma convencional ou com rolo texturizado; aplicação da camada do emboço, formando o plano vertical; utilização da argamassa colante para assentamento, que pode ser a tradicional de cimento + areia ou as colantes; assentamento propriamente dito das placas de rocha; preenchimento das juntas de assentamento com o rejunte; execução das demais juntas. Todas as etapas encontram-se ilustradas na FIGURA 04.

FIGURA 4: Processo de fixação das placas por colagem.



Fonte: Carvalho Junior *et al.*, (2010).

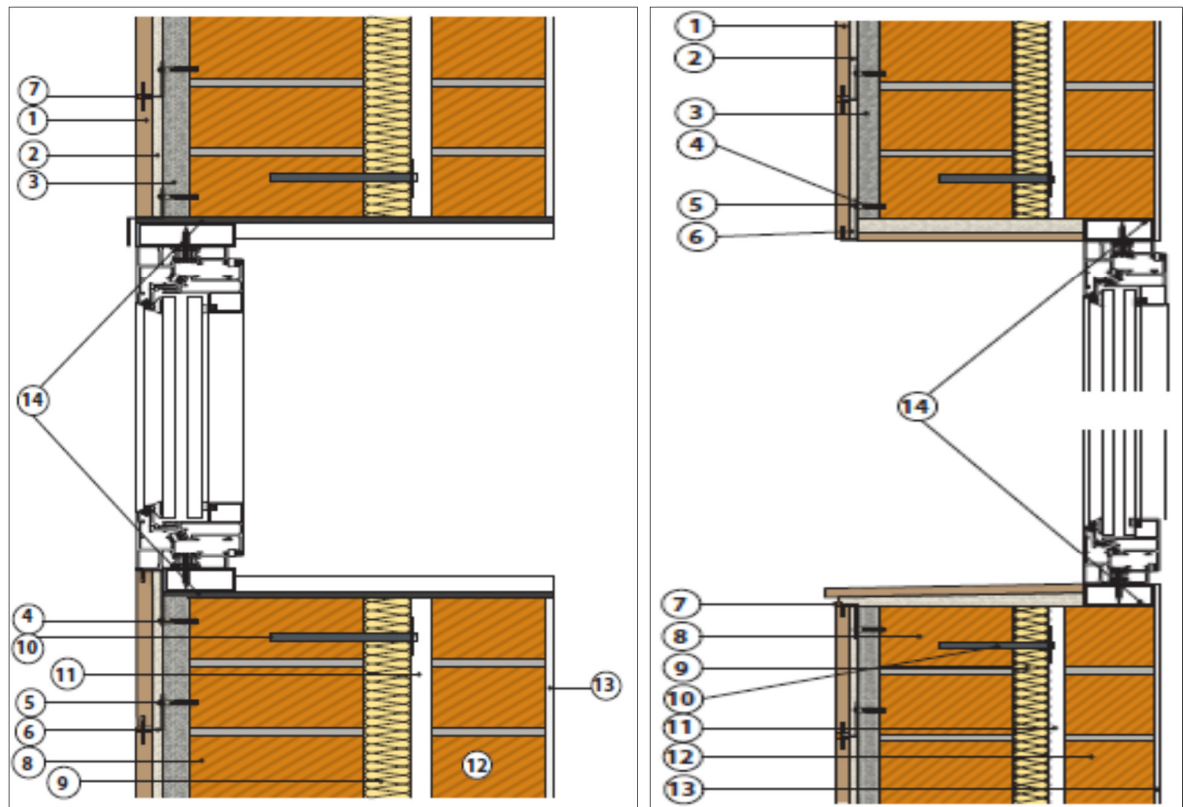
Para Iamaguti (2001), o processo de fixação das placas por colagem quando utilizada argamassa convencional se constitui do suporte, da instalação de uma tela galvanizada, da camada de fixação e da camada de acabamento. O suporte, para a autora, pode ser a própria base ou o substrato. A seguir será listada cada camada constituinte do subsistema de revestimento, com suas respectivas funções, bem como sua forma de execução segundo as normas técnicas apropriadas.

FIGURA 5: Ancoragem oculta em fachada colada.



Fonte: Butech building technology, s.a).

FIGURA 6: Detalhe de montagem em fachada colada.



Remate com algeroz

- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1. STON-KER | 8. Suporte de tijolo 12 cm |
| 2. Cola fr-one | 9. Isolamento térmico / acústico |
| 2.1. unilax | 10. Fixação plástica |
| 3. Reboco de argamassa | 11. Câmara de ar |
| 4. Taco a suporte | 12. Suporte de tijolo 7cm |
| 5. Parafuso aço inox. | 13. Estuque de gesso |
| 6. Grampo inox. junta mínima | 14. Poliuretano p-404 |
| 7. Rejuntamento (colorstuk) | |

Remate com cerâmica

- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1. STON-KER | 8. Suporte de tijolo 12 cm |
| 2. Cola fr-one | 9. Isolamento térmico / acústico |
| 2.1. unilax | 10. Fixação plástica |
| 3. Reboco de argamassa | 11. Câmara de ar |
| 4. Taco a suporte | 12. Suporte de tijolo 7cm |
| 5. Parafuso aço inox. | 13. Estuque de gesso |
| 6. Grampo inox. junta mínima | 14. Poliuretano p-404 |
| 7. Rejuntamento (colorstuk) | |

Fonte: Butech building technology, s.a).

3.2.1.1 Base

Para edificações com estrutura convencionais, a base consiste no suporte do revestimento pétreo e abrange as paredes de alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto e os elementos da estrutura de concreto. (ROSCOE, 2008)

3.2.1.2 Substrato

O substrato é constituído pelo chapisco e emboço. O prumo desta camada afeta diretamente o desempenho do revestimento. Para que este seja eficiente e garanta a estética da fachada é indispensável que se observe a tolerância em relação às características geométricas do substrato.

Segundo a norma NBR 7200 (1998), o substrato deverá sempre estar livre de partículas soltas e resquícios de argamassas provenientes de outras atividades, que quando presentes, deverão ser removidos com lixas ou escovas.

3.2.1.2.1 Chapisco

O chapisco é responsável pela redução da tendência do substrato em absorver água da camada de regularização, bem como pela melhora da aderência da camada de revestimento e pela ancoragem do emboço à base, sendo assim o chapisco é considerado uma preparação da base.

Quando a base consiste em parede de alvenaria, os materiais utilizados para a produção do chapisco são normalmente o cimento e a areia lavada que compõe uma mistura no traço 1:3, sendo de grande importância à consistência fluida deste produto. Sendo a base formada por concreto, é recomendável a utilização do chapisco industrializado, ou em última instância, caso seja utilizado o chapisco convencional, é necessário adicionar resina preferencialmente de base acrílica. (CARVALHO JUNIOR, 2010)

De acordo com JUST (2001 *apud* ROSCOE, 2008), a finalidade da adição de resina de base acrílica consiste na melhora da aderência nos casos onde a base apresenta uma superfície muito lisa, principalmente quando se tratar de estruturas de concreto, cuja película desmoldante não consiga ser retirada de maneira eficiente.

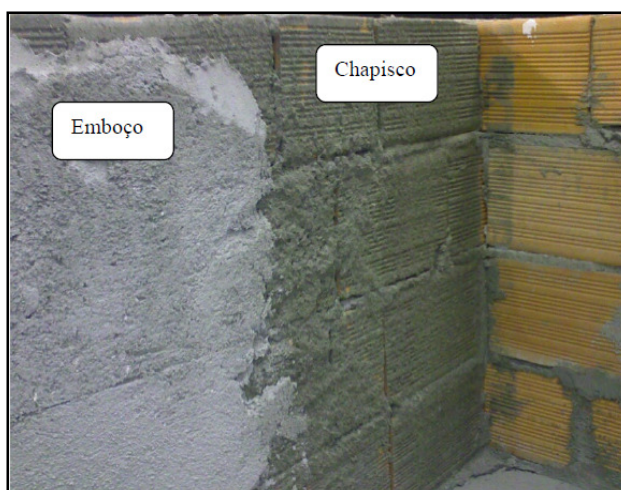
3.2.1.2.2 Emboço

O emboço consiste na camada de regularização e sua função é dar sustentação à camada seguinte. Conforme a NBR 13.755 (ABNT, 1996 b) o seu traço pode ser de 1:0, 5:5 ou de 1:2:8 em volumes de cimento, cal hidratada e areia média úmida, respectivamente. Deve apresentar textura áspera e espessura máxima de 25 mm.

De acordo com CARVALHO JUNIOR (1999, *apud* ROSCOE, 2008), o emboço deve ser finalizado pelo menos quatorze dias antes da execução da camada de fixação, a fim de diminuir os riscos de deslocamentos devido à movimentação da base de assentamento, causada pela retração hídrica, além de recomendar que o emboço deve se apresentar seco, isento de poeira, barro, fuligem, substâncias gordurosas, graxas, eflorescências e quaisquer elementos estranhos que prejudiquem a aderência da argamassa fixada a ele.

Na FIGURA 7 encontra-se a ilustração do emboço e do chapisco, para melhor visualização de sua execução.

FIGURA 7: Componentes do substrato.



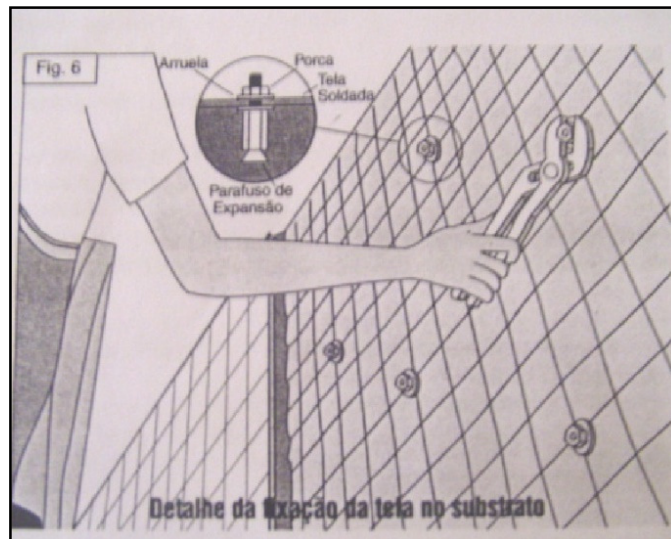
Fonte: Carvalho Junior *et al*, (2010).

3.2.1.3 Fixação da tela galvanizada

Flain e Sabbatini (1995), se baseando na norma BS 5262 (1976), recomendam o emprego de uma tela metálica para garantir uma maior aderência entre a camada de fixação e o suporte, bem como servir de ancoragem para as placas de pedra, pois as rochas serão amarradas a tela.

Conforme Flain e Sabbatini (1995), a tela pode ser do tipo metal expandido, tela de estuque nervurada, malha de arame soldado ou tela de arame galvanizada. A instalação consiste em fixar a tela ao suporte por meio de parafusos de expansão. A sua instalação encontra-se ilustrada na FIGURA 8.

FIGURA 8: Instalação da tela galvanizada no suporte.



Fonte: Oliveira Filho, (2005).

3.2.1.4 Argamassa de assentamento

A camada de fixação é responsável pela união da camada de acabamento ao substrato, podendo ser composta por argamassa de cimento e areia dosada em obra, que será responsável pela aderência e também pelas argamassas adesivas industrializadas e colas especiais, conhecidas como resinas de reação, responsáveis pela aderência química. (ROSCOE, 2008).

3.2.1.4.1 Assentamento com argamassa convencional

De acordo com Flain e Sabbatini (1995) o processo de colagem das placas, com a argamassa convencional, por apresentar um grande desperdício de materiais e de mão-de-obra além das diversas patologias que ocorre durante a utilização do revestimento, encontra-se em um estágio distante da racionalização. Entretanto, em decorrência da realidade brasileira quanto à escassez de mão-de-obra qualificada e à dificuldade de obtenção de material atualizado, este processo vem sendo o mais utilizado no país. (FLAIN, 2002)

Este tipo de argamassa tem sua preparação realizada em obra a partir da mistura de cimento, cal e areia. Todavia são menos funcionais que as industrializadas, pois demandam maior tempo e trabalho para o preparo, além de serem menos homogêneas. (ROSCOE, 2008)

Esta argamassa é utilizada a fim de conectar a camada de acabamento com o substrato, permitindo a aderência do conjunto, e em alguns casos pode desempenhar o papel de regularizador do substrato. (FLAIN e SABBATINI, 1995)

3.2.1.4.2 Assentamento com argamassa colante ou colas especiais

As argamassas colantes especiais, apesar de participarem de um processo racionalizado, evitando o desperdício na construção civil, ainda estão fase inicial de implantação no Brasil, uma vez que estão disponíveis recentemente no mercado nacional.

A argamassa colante ou as próprias colas especiais, ao serem produzidas, recebem adição de resina para atenderem o requisito adesivo necessário para a fixação das placas. As resinas recomendadas por Flain e Sabbatini (1995), são as do tipo acrílica e a epóxi. Entretanto, a autora salienta que o uso da resina do tipo SBR (resina de estireno butadieno) apresenta vantagens econômicas para o desempenho requerido, quando comparadas às outras mencionadas. A sua aplicação ocorre diretamente sobre o substrato, não necessitando da tela de aço galvanizado em nenhum caso. Assim sempre é necessária uma adequação do substrato às condições da argamassa.

3.2.1.5 Camada de acabamento

A camada de acabamento é considerada um subsistema composto por dois elementos: as próprias placas de pedras e as juntas. A sua função consiste em garantir estética ao edifício, bem como proteger o substrato do meio em que são construídas.

BRANCO (2010) acredita que a etapa que às vezes não recebe a atenção devida e fica negligenciada, é a de rejuntamento e que deve ser utilizado material industrializado com a finalidade de preencher as juntas de assentamento entre placas e dar acabamento ao sistema de revestimento.

3.2.1.5.1 As placas pétreas em revestimento

Para esta etapa é necessário realizar previamente um estudo quanto ao tipo de placas pétreas adequadas ao uso, com a finalidade de conhecer as características e propriedades da rocha a ser especificada e as condições de exposições. Esse estudo

é fundamental para que não ocorra o desenvolvimento posterior de patologias que afete o desempenho do revestimento. (FLAIN e SABBATINI, 1995)

Como o assentamento com argamassa convencional é o mais utilizado no Brasil, iremos discorrer sobre este. De acordo com Flain e Sabbatini (1995), para haver o assentamento da placa é necessário efetuar uma fase de preparo destas. Esta fase consiste em inicialmente enumerar e marcar as placas. Posteriormente é necessário fazer a lavagem das placas com o intuito de que algum resquício de material não atrapalhe a aderência das mesmas.

De acordo com FLAIN e CALVANI (1994 *apud* FLAIN e SABBATINI, 1995), é necessário, quando for utilizada a tela galvanizada, chumbar grampos de aço galvanizado por meio de massa ou cola à base de resina de poliéster ou epóxi, na parte inferior e intermediária da placa. Outro ponto ressaltado por Flain e Sabbatini (1995) consiste em ranhura e chapisco do dorso das placas pétreas para garantir uma maior aderência entre a camada de acabamento e a argamassa de assentamento, quando as placas apresentarem o dorso liso demais.

Após o preparo das placas, será iniciado seu assentamento. O primeiro passo, quando o assentamento for realizado por argamassa convencional, é marcar os eixos pré-determinados em projeto e, a partir destes, alocar as placas com uma distância de quatro centímetros entre elas. As placas serão fixadas à tela por meio dos arames instalados em seu dorso. Flain e Sabbatini (1995) recomendam que, depois de fixadas, a tela e as placas devem ser calçadas para que não saiam de suas posições durante o preenchimento com argamassa fluida. Após o despejo da argamassa é imprescindível a limpeza com um pano úmido, a fim de retirar os eventuais respingos de argamassa.

3.2.1.5.2 Juntas

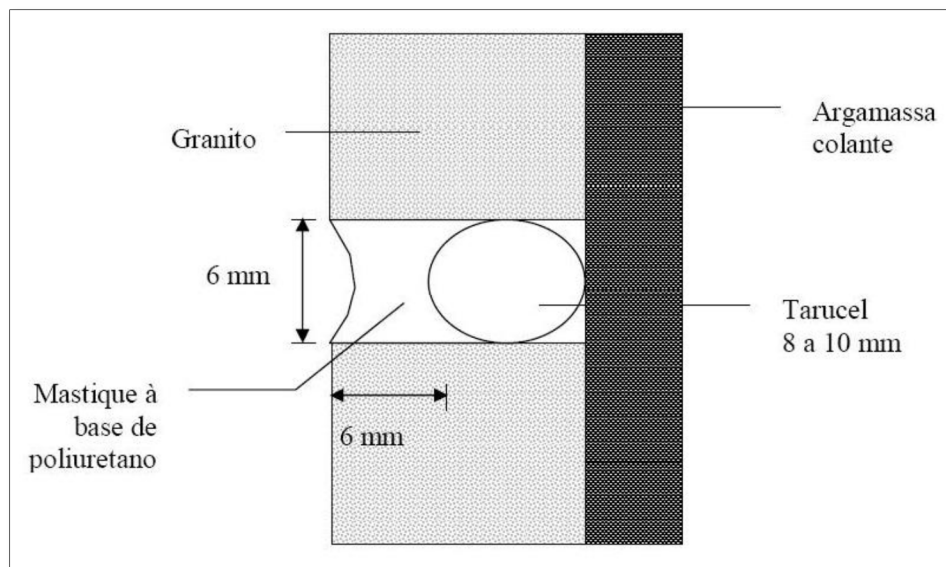
Segundo Flain e Sabbatini (1995), a função das juntas consiste em absorver as deformações devidas às movimentações da estrutura ou de origens térmicas e higroscópicas oriundas das camadas constituinte do sistema de revestimento.

Para Oliveira Junior (2005), as juntas não estão relacionadas somente à absorção das deformações passíveis de ocorrerem no revestimento, mas também ao acabamento estético e à estanqueidade. As juntas são classificadas em: entre componentes, de movimentação, estruturais e de dessolidarização.

- **Juntas entre componentes**

Esse tipo de junta se origina no processo de fixação das placas, durante o qual é exigido o espaçamento entre as placas de quatro centímetros. Suas características geométricas asseguram que haja perfeita infiltração da pasta de rejuntamento e que se permita a expansão da camada de revestimento, evitando assim possíveis problemas de deslocamento dos componentes. (IAMAGUTI, 2001).

FIGURA 9: junta de assentamento.



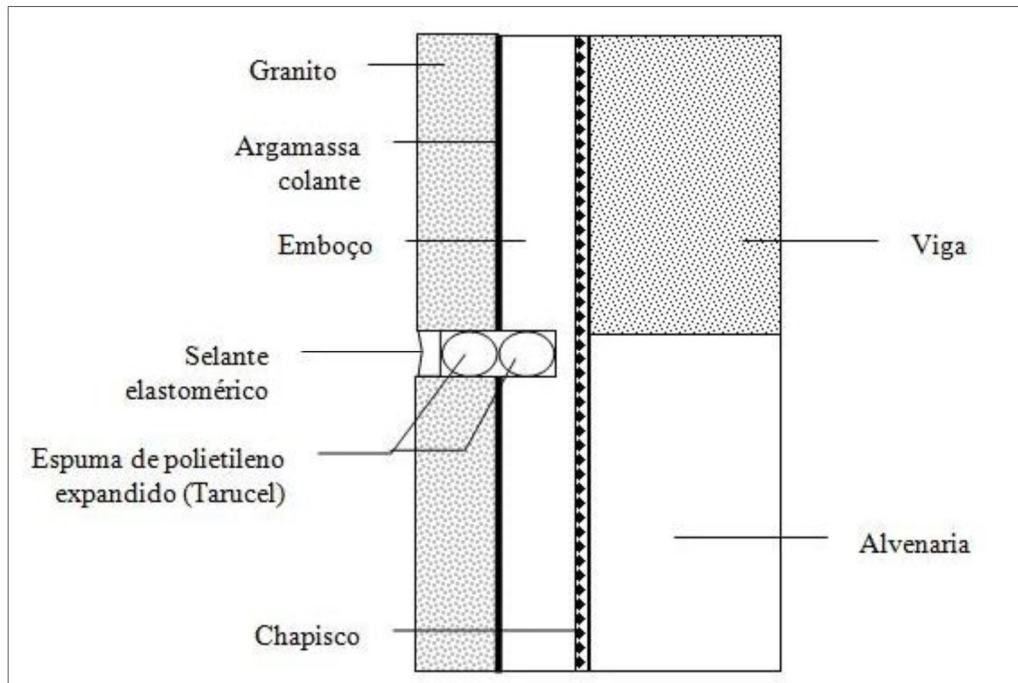
Fonte: Carvalho Junior *et al*, (1999).

- **Juntas de movimentação**

O fundamento do funcionamento dessa junta consiste na criação de uma região mais fraca com a finalidade de permitir a migração das tensões ocorridas nas placas, mantendo sua integridade física. (IAMAGUTI, 2001).

Buscando obter deste tipo de junta um desempenho satisfatório, é necessário que ela seja devidamente dimensionada e que neste processo sejam consideradas as diversas solicitações a que as camadas de revestimento estarão sujeitas durante a vida útil da mesma, bem como as características dos materiais utilizados nessas camadas. (OLIVEIRA JUNIOR, 2005).

FIGURA 10: junta de movimentação.



Fonte: Carvalho Junior *et al*, (1999).

- **Juntas estruturais**

Esse tipo de junta deve ser projetado em conformidade com o projeto estrutural, uma vez que sua função está relacionada com a dilatação da estrutura do edifício como um todo. As juntas estruturais, quando componentes do sistema de vedação, devem atravessar o revestimento, devendo assim ser apropriadamente tratadas para que não haja problemas de infiltração de água, ar ou gases. Podem apresentar o

aspecto de junta aberta, conseqüentemente causando o efeito chaminé, com isso reduzindo a carga térmica da edificação.

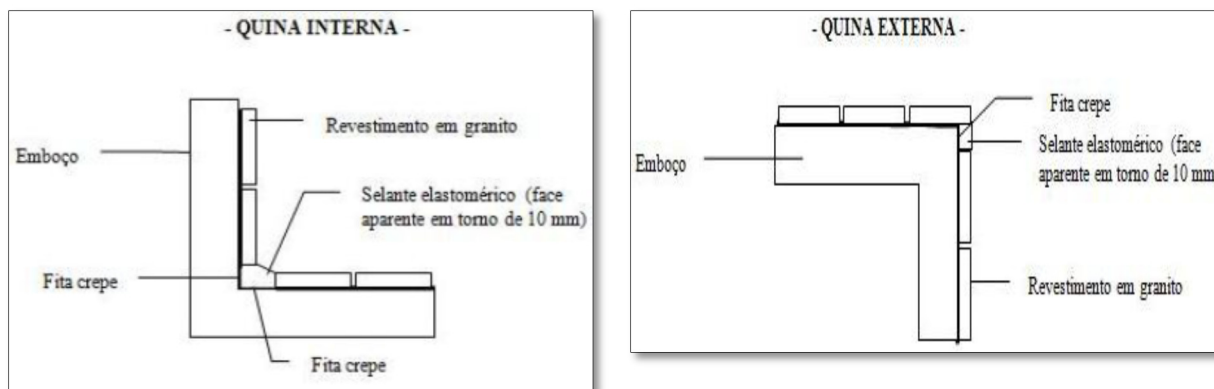
O conhecimento dos tipos de juntas auxilia na concepção do rejuntamento, visto que este quando executado deve ser compatível com as características das pedras e os esforços e movimentos a que estarão sujeitos. Assim, suas propriedades variam conforme o tipo de junta e a finalidade a que se destinam. As principais características que o rejunte deve ter são: elasticidade, repelência de água e conseqüente impermeabilidade, resistência a fungos e resistência mecânica.

- **Juntas de dessolidarização**

Essas juntas encontram-se nos cantos verticais, nas alterações de direção do revestimento e nas transições entre revestimentos diferentes.

De acordo com Iamaguti (2001), antes do rejuntamento é necessário realizar a limpeza das juntas de assentamento. Oliveira Junior (2005) recomenda para o exterior, a utilização de selantes para o rejunte das juntas entre componentes e de movimentação, devido as suas características de deformabilidade.

FIGURA 11: junta de dessolidarização



Fonte: Carvalho Junior *et al*, (1999).

3.2.2 Fixação das placas pétreas por componentes metálicos

Para Flain e Sabbatini (1995), o revestimento quando executado por componentes metálicos, é composto por quatro camadas: o suporte, a camada de fixação que utiliza componentes metálicos, a camada isolante e camada de

acabamento. Como o suporte apresenta a mesma função de quando o assentamento das placas se dá por meio da colagem, esta etapa será suprimida e começaremos a discorrer sobre a camada de fixação.

3.2.2.1 Camada de fixação

Essa camada utiliza componentes metálicos para fixar mecanicamente a camada de acabamento ao suporte, de forma a deixar um espaço vazio entre as placas e o suporte. Esses componentes metálicos, conforme CONSIGLIO (1972, apud FLAIN e SABBATINI, 1995), podem ser classificados em sustentadores ou retentores. Os primeiros são aqueles que resistem ao peso próprio da placa e permitem certa movimentação. Enquanto que os retentores são aqueles que impedem o tombamento da placa. Eles são chamados também de dispositivos de fixação, e existem duas formas de ancoragem destes dispositivos: o chumbamento direto ao suporte ou fixação em estruturas.

3.2.2.1.1 Chumbamento direto ao suporte

De acordo com Flain e Sabbatini (1995), o chumbamento direto ao suporte pode ser realizado mecanicamente, quimicamente ou por fixação com componentes incorporados ao concreto. A ancoragem química dos chumbadores é executada por meio do preenchimento do orifício em que será instalado o chumbador por uma resina. Enquanto que os componentes incorporados ao concreto são previamente posicionados nas formas, na posição indicada pelo projeto, antes da concretagem.

3.2.2.1.2 Fixação em estruturas

Segundo Flain e Sabbatini (1995), quando as edificações são compostas por estruturas reticulares de concreto armado e com vedações verticais de alvenaria, o assentamento da camada de acabamento é realizado por meio da utilização de uma estrutura metálica de transição (trilhos), apropriadamente fixada à estrutura de concreto armado. De acordo com ALLEN (1990 apud FLAIN e SABBATINI, 1995) a estrutura deste dispositivo deve ser de alumínio, uma vez que é pouco sujeito à corrosão.

3.2.2.2 Camada de isolamento

A camada isolante é empregada para permitir a circulação de ar entre o substrato e a eliminação da condensação formada em seu interior proveniente das variações térmicas entre as faces exterior e interior da camada de acabamento. Essa camada pode ser constituída de um material com propriedades específicas ou do próprio ar, melhorando até a o isolamento acústico. (FLAIN e SABBATINI, 1995)

3.2.2.3 Camada de acabamento

A camada de acabamento é considerada um subsistema composto por três elementos: as próprias placas de pedras, os dispositivos metálicos e as juntas. Estes elementos serão discorridos a seguir para haver um entendimento melhor da diferença entre o processo de fixação das placas por colagem e o processo com insertos metálicos. (FLAIN e SABBATINI, 1995)

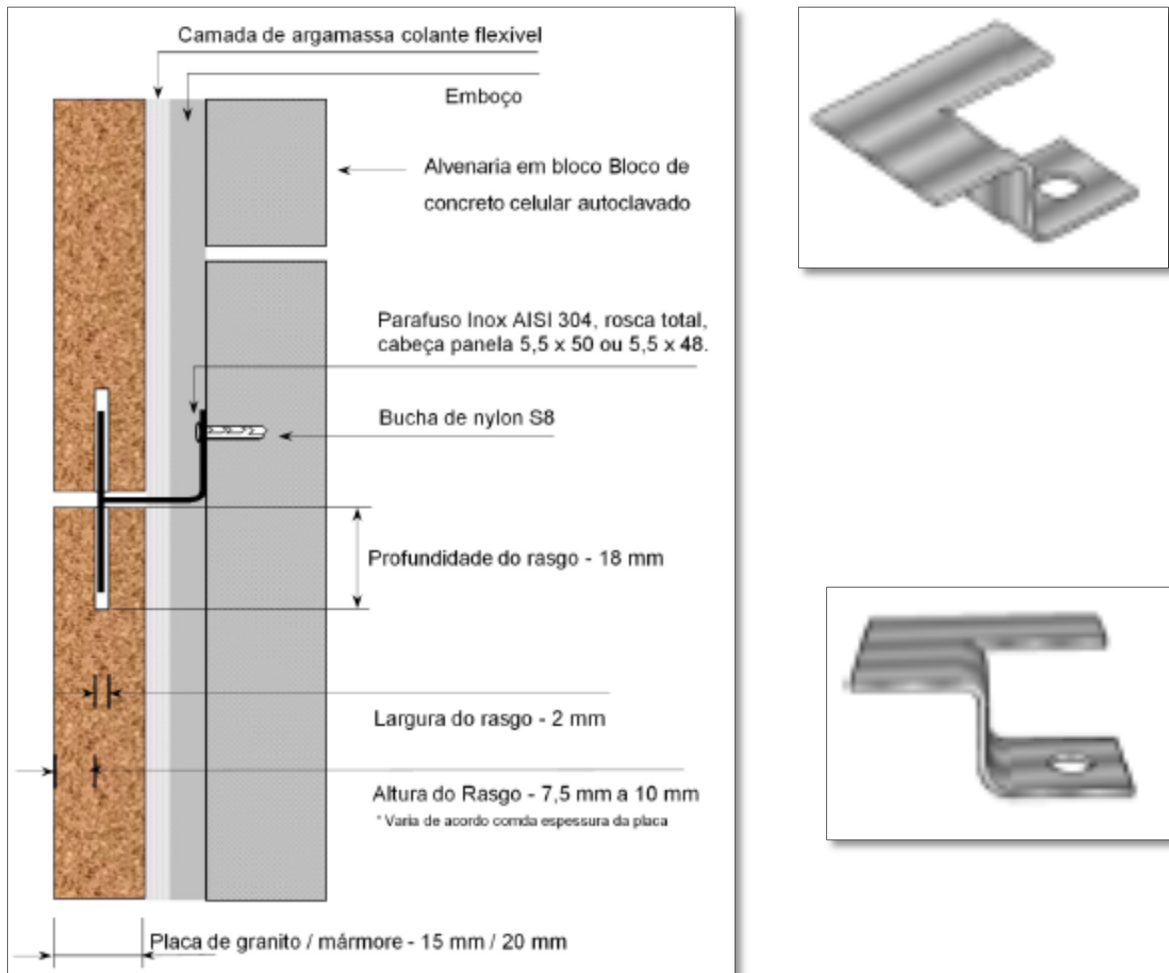
3.2.2.3.1 Placas pétreas e dispositivos metálicos

Antes do assentamento da placa, Flain e Sabbatini (1995) recomendam a preparação das placas. Inicialmente serão executados mecanicamente, furos e ranhuras nas placas, possibilitando dessa maneira o encaixe dos componentes metálicos. Os orifícios para encaixe serão realizados fora do canteiro central para maior precisão de suas dimensões, e seu posicionamento nas placas consistem nos cantos horizontais ou verticais. As partes inferiores das placas são destinadas aos componentes metálicos com função de sustentar o peso das placas e as superiores recebem os componentes metálicos com função de impedir o tombamento das mesmas. Após a execução do furo, os autores mencionados ainda recomendam a limpeza da placa por meio de pano úmido a fim de aumentar a aderência do selante utilizado no preenchimento das juntas. Simultaneamente à preparação da placa, sugere-se realizar a limpeza com um pano úmido dos dispositivos metálicos, com o intuito de retirar a camada de proteção, consequência direta do processo de industrialização, e os resíduos que possam afetar a aderência dos dispositivos metálicos no selante.

A fixação das placas ocorre por meio de eixos pré-estabelecidos, entretanto GERE (1981 *apud* FLAIN e SABBATINI, 1995), recomendam o preenchimento dos

orifícios com selante antes da montagem das placas para evitar o contato direto do componente metálico com a placa de pedra, e também para inibir as vibrações possíveis das placas durante a vida útil.

FIGURA 12: Detalhe do auxiliar GFix



Fonte: GFix, (2019).

3.3 Propriedades dos revestimentos

Os revestimentos de fachadas ao serem usados em ambientes externos estão sujeitos às diversas condições de exposições. Não obstante a este contexto, o revestimento além de garantir a estética do edifício, necessita apresentar propriedades que permitam um desempenho satisfatório ao longo de sua vida útil. Em geral a camada de revestimento deve apresentar propriedades relacionadas à capacidade de fixação ou aderência e de absorção de deformações, à resistência

mecânica, à probabilidade de interação entre as propriedades exigidas pelo sistema de vedação, permeabilidade a água e propriedades compatíveis com as condições do meio em que será instalada. (FLAIN, 1995 *apud* OLIVEIRA JUNIOR, 2005)

A despeito das propriedades comuns para todos os tipos de revestimento, é necessário avaliar as propriedades específicas dos materiais a serem aplicados, a fim de manter o padrão de qualidade exigido pela vedação vertical.

3.3.1 Propriedades da base

Para garantir um bom desempenho dos revestimentos de fachadas, a base deve ser avaliada quanto à rugosidade, à capacidade de absorção de água, bem como a presença de materiais contaminantes. (ROSCOE, 2008)

A rugosidade apresenta uma grande importância, uma vez que sua intensidade determina a resistência à aderência, enquanto a avaliação da capacidade de absorção de água torna-se essencial, pois parte da água da composição do emboço será perdida tanto para o meio quanto para a base. (SABBATINI, 1998 *apud* ROSCOE, 2008)

3.3.2 Propriedades do substrato

As principais propriedades que devem ser analisadas para esta camada consistem na resistência mecânica, deformabilidade, estanqueidade, resistência ao fogo e na textura superficial compatível com o revestimento. Assim, seus materiais devem ser especificados de acordo com estes fatores. (FLAIN, 1995 *apud* ROSCOE, 2008)

Quando a argamassa empregada possui características colantes, o substrato deve apresentar características compatíveis com a camada de assentamento de forma a possuir propriedades quanto à regularidade e porosidade superficial. A regularidade torna-se essencial visto que implica em espessuras menores da camada de aderência, tornando essa forma de assentamento mais econômica. Já a porosidade, quando intensa, está relacionada à absorção de todo material de cola antes da fixação das rochas, podendo comprometer a aderência. (FLAIN e SABBATINI, 1995)

3.3.3 Propriedades da tela

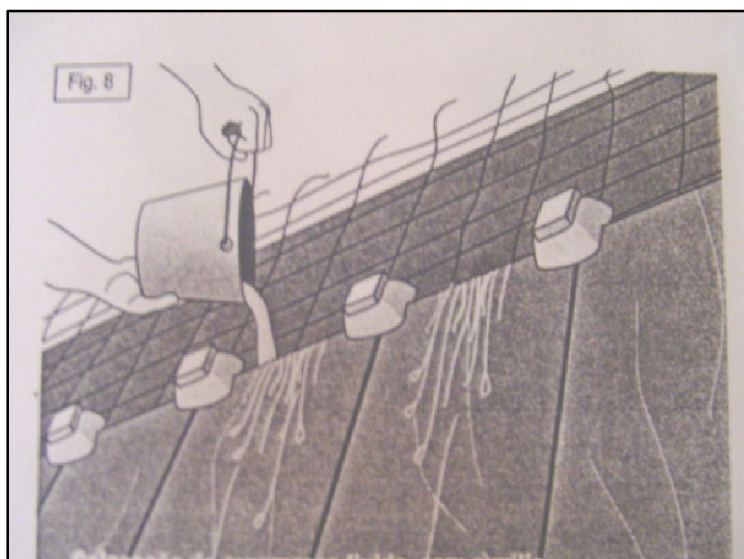
A norma BS 5262 (1976) recomenda que os parafusos e todos os componentes metálicos da tela sejam de aço inoxidável e/ou galvanizado para impedir o desenvolvimento de patologias relacionadas à corrosão e à formação de par galvânico quando metais não compatíveis estiverem em contato.

3.3.4 Propriedade da argamassa convencional

A autora Iamaguti (2001) recomenda o uso de argamassa com traço 1:3 (cimento: areia), em volume. A areia deve ser bem lavada a fim de que se evite a solubilização de impureza pela infiltração e circulação de água no seu interior e consequente evaporação e manchamento da superfície do revestimento.

A quantidade de água para a produção da argamassa convencional tem que ser tal que garanta a consistência fluida a ponto de o material escorrer facilmente quando despejado na parte posterior da placa fixada na tela galvanizada, com o intuito de preencher completamente o espaço entre a placa e o substrato, como demonstrado na FIGURA 13. Todavia, a quantidade de água deve ser mínima a ponto de assegurar a resistência de aderência, a mínima retração, evitando também o manchamento da superfície das placas. (IAMAGUTI, 2001).

FIGURA 13: Lançamento da argamassa fluida.



Fonte: Oliveira Filho, (2005).

O uso da argamassa produzida com cal deve ser evitado, visto que ao melhorar a trabalhabilidade pode ocasionar eflorescências nas superfícies nas placas assentadas. (IAMAGUTI, 2001)

3.3.5 Propriedades dos componentes metálicos

O emprego dos componentes metálicos para a fixação das placas exige uma atenção especial ao tipo de metal dos componentes, uma vez que os metais podem ser incompatíveis, podendo causar a corrosão galvânica. De acordo com Flain e Sabbatini (1995) esses componentes metálicos apresentam como principais propriedades a inalterabilidade, a resistência mecânica e capacidade de absorver a deformação.

3.3.6 Propriedades das placas pétreas

Em determinadas obras a preferência por rochas adequadas ao uso em revestimentos, visando maior qualidade do produto com menor custo, acaba por motivar a busca por conhecimento das propriedades das placas pétreas conforme sua aplicação. Essa situação decorre da importância da escolha de pedras com características que condizem com as funções específicas à que foram empregadas, como evidencia-se na TABELA 1.

TABELA 1: Propriedades importantes para a escolha e utilização da rocha em revestimento conforme o emprego.

PROPRIEDADES	FUNÇÃO DO REVESTIMENTO					
	PISO		PAREDES		FACHADAS	TAMPOS
	EXT.	INT.	EXT.	INT.		
<i>TIPO DE ROCHA</i>	X	X	X	X	X	X
<i>ABSORÇÃO D'ÁGUA</i>	X	X	X	X	X	X
<i>DESGASTE ABRASIVO</i>	X	X				
<i>FLEXÃO</i>	X	X			X	X
<i>COMPRESSÃO</i>			X	X	X	
<i>DILATAÇÃO TÉRMICA</i>	X	X	X	X	X	
<i>ACABAMENTO SUPERFICIAL</i>	X	X			X	
<i>ALTERABILIDADE</i>	X	X			X	X

Fonte: Frascá, (2002).

As propriedades intrínsecas das rochas abrangem parâmetros físicos, físico-mecânicos e químico-mineralógicos. Estes parâmetros são apurados a partir de análises e ensaios tecnológicos, executados sob rigorosos procedimentos preconizados em normas. Entretanto, além da análise qualitativa das propriedades das placas, não se pode eximir o engenheiro, de estudar as condições do meio físico quanto às variações de temperatura, umidade e as ações dos ventos, para obter um resultado satisfatório quanto ao desempenho do revestimento.

Conforme a NBR 15846 da ABNT (2010) ao escolher uma determinada rocha para o dimensionamento do sistema de revestimento o engenheiro não pode se ater somente a estética, mas também a fatores como:

- Avaliar as características mineralógicas e petrográficas que eventualmente possam influenciar na durabilidade da rocha, tais como microfissuras: estado de alteração dos minerais, presença de minerais alteráveis, dentre outras, de acordo com a ABNT NBR 15845, Anexo A;
- Dispor dos valores das propriedades físicas e físico-mecânicas da rocha, conforme ABNT NBR 15845;
- Ponderar a possibilidade de a placa de rocha sujeitar-se ao processo de acabamento de superfície desejado (polido, flamejado, apicoado, etc.);
- Considerar a possibilidade de alterações na aparência do acabamento da superfície por agentes da poluição atmosférica e das intempéries;
- Assegurar que haja fornecimento das placas da rocha selecionada em quantidade suficiente para atender às necessidades da obra e ao cronograma estabelecido.

3.3.7 Propriedades dos selantes

Como descrito anteriormente, o selante é o material utilizado para a vedação das juntas de dilatação entre as placas pétreas. De acordo com Oliveira Junior (2005), os selantes devem ser resistentes aos agentes atmosféricos, apresentar boa aderência aos materiais nos quais são aplicados, ser estanques ao ar e a água, não causarem manchas ou alterações nas placas pétreas, serem inertes em presença de

substâncias químicas normalmente encontradas nos edifícios, ter elasticidade suficiente e mantê-la ao longo do tempo.

3.4 Principais patologias do revestimento pétreo

As patologias podem ser geradas pelas ações simultâneas ou independentes de agentes físicos, químicos e biológicos. Os fatores que apresentam grande influência perante o estado de conservação das placas pétreas podem ser classificados em intrínsecos ou extrínsecos. O primeiro grupo abrange as características próprias do material, enquanto que o segundo compreende o sistema de assentamento das placas ao substrato, as condições do meio e as técnicas empregadas na manutenção do revestimento.

Conforme Roscoe (2008), as patologias podem ser classificadas de acordo com a sua origem em: congênitas, construtivas, adquiridas e acidentais. A primeira consiste em manifestações oriundas da fase de projeto, devido ao não respeito às normas técnicas, ou à inadvertência do profissional desenvolvendo um detalhamento incorreto, bem como uma concepção inadequada dos revestimentos. As patologias construtivas são provenientes da execução do revestimento, e se devem ao emprego de mão-de-obra não qualificada, de produtos não certificados e ausência de técnicas preconizadas em normas para o assentamento das peças. As patologias adquiridas aparecem ao longo da existência do revestimento, e advêm da exposição ao ambiente, podendo ser natural, ou resultado da agressividade do meio ou da ação humana, devido à manutenção inadequada ou interferências inapropriadas. E por último as patologias acidentais, resultado de algum fenômeno atípico.

Enquanto RICARDO (1992 apud MARANHÃO *et al.*, 2006) distribuiu as patologias em fissuração, declinação, destacamento e defeitos da superfície, SILVA (2009) classificou-as em anomalias estéticas, deterioração das juntas, perda de integridade e anomalia na fixação ao suporte.

O estudo das patologias torna-se imprescindível para a construção visto que permite o desenvolvimento de técnicas capazes de prevenir estas manifestações, cujo aparecimento afeta a segurança, o desempenho e a estética de edifícios, bem como sua recuperação, além de gerar um gasto significativo.

3.4.1 Anomalias estéticas

As anomalias estéticas comprometem a aparência do revestimento pela adulteração de suas características físicas, pela deposição de rejeitos na pedra natural (sujidade superficial, eflorescências e grafite), e pela carência de regularidade no revestimento, não provocando riscos quanto à estrutura do sistema de revestimento. Elas consistem nas manifestações mais frequentes nos revestimentos pétreos. (SILVA, 2009)

3.4.1.1 Eflorescência / Criptoflorescências

De acordo com Maranhão *et al.* (2006), essa patologia é provocada pela cristalização de sais solúveis procedentes da argamassa de assentamento e de regularização. As areias usadas na produção de argamassa de assentamento com elevado teor de matéria orgânica, sulfatos e cloretos, e a água, contendo alto teor de sulfatos e cloretos, empregada no amassamento, produzem os principais sais constituintes da eflorescência.

Este tipo de patologia tem sua origem no assentamento das placas sobre argamassas produzidas sem condições técnicas adequadas, seja por ausência de mão-de-obra qualificada, seja pela escolha de materiais de baixa qualidade. Outro fator gerador deste tipo de manifestação consiste no uso de rejuntas carentes de propriedades capazes de impedir a percolação de água carregada de produtos salinos. (TORQUATO *et al.*, 2008)

Para Quinalia (2005) a aparição deste tipo de mancha, ilustrado na FIGURA 14, se dá pela formação geralmente esbranquiçada, de aspecto cristalino, pulverulento ou filamentosos sobre a superfície do material. Em alguns casos há a possibilidade da cristalização se desenvolver no interior da rocha podendo provocar os destacamentos das partes mais superficiais.

FIGURA 14: Eflorescência em revestimento de fachada com placa de rocha.



Fonte: O autor (2004).

Segundo Silva (2009), esta anomalia só será eliminada por meio de limpeza e manutenção das fachadas, entretanto devido à complexidade das manchas, deverão ser empregados materiais de elevados custos.

As criptoflorescências são manifestações análogas às eflorescências, a diferença se baseia no fato de que a cristalização de sais se dá abaixo da superfície do revestimento. Ela gera o empolamento do revestimento, sendo mais comum quando a fixação se dá pelo assentamento com argamassa convencional ou colante. (SILVA, 2009)

3.4.1.2 Manchamento

De acordo com FRASCÁ (1999, *apud* MARANHÃO *et al.*, 2006), o manchamento é consequência da utilização de materiais incompatíveis para o assentamento de determinado tipo rochoso e seu aparecimento é identificado por áreas de coloração amarela ou esverdeada espalhadas pela área de contato nas rochas.

Quinalia (2005) considera o manchamento uma manifestação patológica originária de variadas causas, entretanto, em grande parte dos casos, essa patologia é gerada pela porosidade das rochas. Esta propriedade permite a absorção e infiltração de umidade para a parte interna das placas, ocasionando o aparecimento de manchas durante a etapa de execução da obra, de fixação das placas com argamassa e também na fase de uso e manutenção.

Dentre os manchamentos devidos à absorção de umidade proveniente de qualquer material, aquele causado pela umidade existente na própria argamassa de

assentamento é o mais frequente. Essa umidade gera alterações cromáticas, não uniformes em toda extensão das placas pétreas e conforme as condições climáticas, precisa de um longo tempo para retornar à coloração inicial. (MARANHÃO *et al.*, 2006)

De acordo com lamaguti (2001), a modificação da coloração original das placas pétreas pode ser ocasionada principalmente pela presença de minerais. Estes quando caracterizados como ferrosos sob a presença de metais, perdem suas características iniciais ao serem oxidados, gerando manchas castanhas, na superfície da pedra, ilustradas na FIGURA 15.

FIGURA 15: Exemplo de modificação da coloração original de uma placa pétreas. Mancha causada por hidróxido e óxido de ferro provenientes da porta de aço.



Fonte: lamaguti (2001), modificado.

3.4.1.3 Umidade

Segundo Quinalia (2005), o contato intenso da rocha com água ou ambiente muito úmido provoca manchas escuras, conforme ilustra a FIGURA 16, visto que a rocha não tem capacidade para eliminar o volume de líquido pela evaporação. O local mais suscetível para ocorrência destas manchas são as áreas adjacentes às juntas das peças, pois, conforme Maranhão *et al.* (2006) o rejunte apresenta elevada absorção por capilaridade e porosidade.

FIGURA 16: Exemplo de mancha de umidade.



Fonte: lamaguti (2001), modificado.

Conforme lamaguti (2001), as principais causas para o surgimento de manchas de umidade consistem nas rochas que apresentam como propriedades elevada porosidade e permeabilidade, coloração clara, presença de fatores externos ligados à construção como infiltração de muros e a percolação da água de chuva que compromete também a estanqueidade das edificações.

3.4.1.4 Perda do brilho

De acordo com lamaguti (2001), a perda do brilho das placas pétreas decorre do desgaste abrasivo. Dessa forma, em ambientes muito agressivos à resistência abrasiva devem ser utilizadas placas de granitos, que por serem ricas em quartzo, apresentam elevada resistência ao desgaste.

3.4.1.5 Deficiência de fixação plana

A deficiência de ser fixada no mesmo plano consiste nas situações em que os elementos pétreos do revestimento se encontram fixados de maneira desigual. Esta anomalia gera condições para infiltração de água propiciando a ocorrência de outras anomalias. (SILVA, 2009)

3.4.2 Perda de integridade

A perda de integridade são manifestações que depõem contra as exigências de segurança do revestimento. Neste grupo são consideradas três patologias: a fissuração, o trincamento e a degradação do material. (SILVA, 2009)

3.4.2.1 Deterioração das placas pétreas

A deterioração, ilustrada na FIGURA17, consiste no aparecimento de diversas patologias em grande parte da superfície do revestimento pétreo. Sua aparição pode ser provocada pela incompatibilidade das características físico-mecânicas com as condições do ambiente, pela presença excessiva de minerais de fácil decomposição na estrutura das rochas, pelo emprego de materiais em algum estado de degeneração e pelo esfalfamento da textura e da estrutura da rocha com elevado coeficiente de dilatação térmica, devido às expansões e contrações consecutivas. (IAMAGUTI, 2001)

FIGURA 17: Exemplo de revestimento pétreo deteriorado.



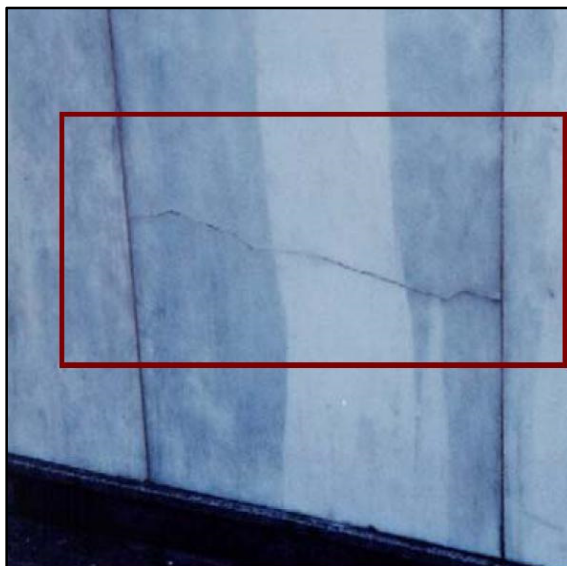
Fonte: lamaguti (2001), modificado.

3.4.2.2 Trincamento e fissuramento

De acordo com IAMAGUTI (2001) as trincas, ilustrada na FIGURA 18 em uma placa pétrea, podem aparecer devido à ausência de cuidado durante o transporte e o assentamento, ao alto índice de dilatação térmica das placas incompatível com a

pequena largura das juntas incapazes de evitar o contato entre as placas, bem como a baixa resistência do material ao impacto. Em contrapartida, o fissuramento é provocado pelas elevadas e frequentes solicitações do material.

FIGURA 18: Trincamento.



Fonte: lamaguti (2001), modificado.

3.4.3 Anomalias na fixação ao suporte

Essa manifestação patológica pode provocar o desprendimento de uma placa de pedra natural podendo ocasionar danos graves em pessoas e bens. A degradação das fixações e o descolamento são as principais causas da queda de placas pétreas do revestimento. (SILVA, 2009)

3.4.3.1 Desplacamento

De acordo com Maranhão *et al.* (2006), os destacamentos decorrem da perda de aderência das placas às argamassas de assentamento, ou mesmo da argamassa de assentamento ao substrato, em situações que as tensões superam a capacidade de aderência. Conforme Roscoe (2008), essa patologia é a que apresenta mais riscos, visto que a perspectiva de acidentes envolvendo usuários é maior.

Para Roscoe (2008) o primeiro ato para identificar a iminência desta patologia é analisar a existência de sons cavos (ocos e de estufamento nas placas e rejuntas, seguido do destacamento destas áreas ao longo do tempo ou imediato. De acordo

com BAUER (1997, *apud* ROSCOE, 2008), a ineficiência da aderência se desenvolve pelo empoamento em placas ou com pulverulência. No entanto, para Maranhão *et al.* (2006) o desprendimento das placas pétreas decorre da falta de controle da qualidade do processo de assentamento deste revestimento, falha de mão-de-obra e em muitos casos ineficientes juntas de alívio de tensões.

3.4.3.2 Degradação das fixações

Em situações em que a fixação com insertos metálicos é empregada, é imprescindível ter certo cuidado para impedir o risco de corrosão bi metálica, ou seja, a formação de par galvânico forte. Outro cuidado a ser tomado consiste em evitar o contato dos insertos com a água e a poluição, pois ao gerar a corrosão causam o aparecimento de manchas e posteriormente a fissuração e desagregação da placa.

3.4.4 Degradação do rejuntamento

De acordo com Costa (2011), esta anomalia (FIGURA 19) se traduz pelo descolamento do material de rejunte das pedras, pela abertura de fendas, mudanças de cor ou falhas no rejunte. Em geral, sua manifestação provoca prejuízos ao desempenho das juntas, e, por conseguinte proporciona condições para aparição de outras patologias. (SILVA, 2009).

FIGURA 19: Exemplo de deterioração de juntas.



Fonte: Costa, (2011), modificado.

A fim de se evitar tal patologia, é imprescindível promover o preenchimento total das juntas, para se impedir a entrada de água, bem como utilizar rejuntas compatíveis com o emprego, e que apresentem propriedades como elasticidade ou durabilidade. (COSTA, 2011)

3.4.5 Prevenção de patologias

Durante a execução dos revestimentos pétreos, ao ter ciência de possíveis manifestações patológicas, deve-se utilizar mão-de-obra qualificada para que todos os componentes do sistema de revestimento sejam executados adequadamente, manter o ambiente da obra relativamente limpo a fim de evitar manchas, empregar argamassas com pouca umidade constituídas por cimento branco ou utilizar argamassas colantes, tomando o cuidado de aguardar a completa secagem antes do rejuntamento das placas e nunca utilizar ácido como material de limpeza da rocha depois do assentamento.

É ainda necessário, em uma fase pós-execução do revestimento, a fim de antecipar o aparecimento de patologias, desenvolver um roteiro de inspeção que compreenda o estado dos selantes, indícios de corrosão dos componentes metálicos de fixação e identificação de sinais de ausência de aderência nas placas com argamassa e possíveis descolamentos das mesmas. (FLAIN *apud* GRIPP, 2008).

4. ESTUDO DE CASO EDIFÍCIO “A”

O objeto estudo de caso é a edificação conhecida como Edifício “A” (FIGURA 20), localizado no centro de Belo horizonte.

4.1 Apresentação do caso

A edificação possui dois níveis de subsolo e quinze pavimentos, excluída a cobertura (telhado). A idade da edificação é de aproximadamente de vinte e quatro anos. Sua estrutura consiste em concreto armado reticulado com vigas e pilares. A fachada principal, lateral esquerda, parte da fachada posterior e da cobertura, são revestidas em granito flameado, sendo as únicas de interesse para o presente trabalho.

FIGURA 20: Fachada Frontal do Edifício “A”



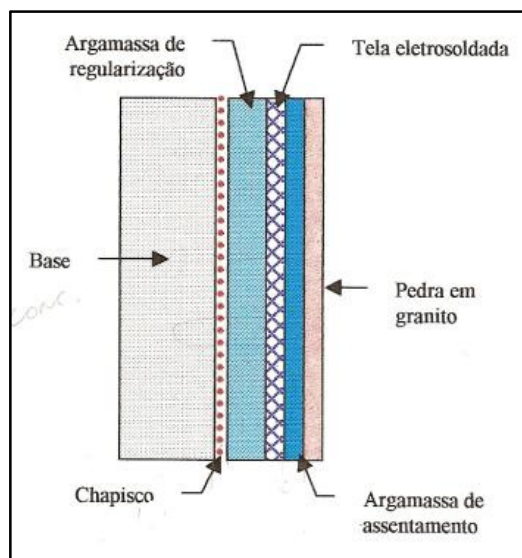
Fonte: O autor (2004).

4.2 Forma de fixação das placas

De acordo com Tribunal de Justiça de Minas Gerais, a forma de fixação das placas graníticas ocorreu de forma tradicional ou convencional, (FIGURA 21), em que, como discorrido anteriormente na revisão bibliográfica, a pedra é prendida a uma tela pré-fixada sobre a base. O substrato é constituído pelo chapisco e o emboço

(argamassa de regularização), e a camada de assentamento é formada por argamassa produzida na própria obra com o traço de 1:3 em volume (cimento: areia).

FIGURA 21: Esquema do sistema de revestimento do Edifício “A”



Fonte: Relatório da Consultare para o Tribunal de Justiça de Minas Gerais, (2004).

Em consulta aos arquivos do TJMG no Relatório da Consultare Engenharia e Consultoria foi possível identificar que a tela e o arame responsável pela fixação da placa foram produzidos em material galvanizado a fim de evitar a corrosão. O sistema tela/pedra constitui-se de grampo fixado com produto à base de epóxi nas pedras de granito e de tela eletrostática fixada por meio de pinos de aço disparados com pistola valciva.

As juntas entre componentes foram preenchidas com rejuntamento cimentício e em seu acabamento foi utilizado o mastique. Não foram detectadas juntas de movimentação na fachada.

4.3 Manifestações patológicas identificadas no edifício

O revestimento pétreo em sua totalidade apresenta patologias como fissuras nas pedras, falha no rejunte, som cavo, deslocamento, risco eminente de queda e eflorescência. Todas as patologias descritas encontram-se relacionadas na TABELA 2 com os respectivos locais de aparição.

TABELA 2: Ocorrência das patologias e as respectivas localizações

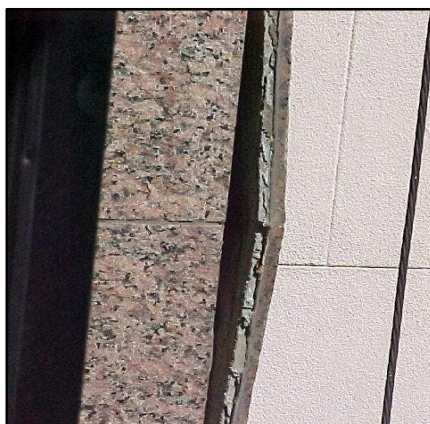
Mapeamento	Localização	Ocorrência (%)
Som Cavo	Fachada Frontal	13
	Fachada Lateral Esquerda	47
	Fachada Lateral Posterior	28
Fissuras	Fachada Frontal	1
	Fachada Lateral Esquerda	1
	Fachada Lateral Posterior	1
Trincas	Fachada Frontal	1
	Fachada Lateral Esquerda	2
	Fachada Lateral Posterior	2
Falha ou Falta de Rejuntamento	Fachada Frontal	4
	Fachada Lateral Esquerda	6
	Fachada Lateral Posterior	8
Falha ou Falta de Mastique	Fachada Frontal	13
	Fachada Lateral Esquerda	98
	Fachada Lateral Posterior	99

Fonte: Relatório da consultare para Tribunal de Justiça de Minas Gerais, (2004).

4.3.1 Descolamento

Essa patologia foi observada a partir da identificação de pedras de granitos com presença de som cavo e da efetiva separação entre o conjunto placa pétrea/argamassa de assentamento e o substrato, como demonstrado na FIGURA 22. Assim, foi detectado o risco eminente de queda das placas, que ainda se encontravam presas devido aos grampos utilizados para sua fixação à tela.

FIGURA 22: Efetiva separação entre a argamassa de assentamento e o substrato



Fonte: Carvalho Junior *et al*, (2010).

Na época da intervenção foram realizados ensaios por meio da Fundação Christiano Ottoni com base na norma NBR-13755, a fim de determinar a resistência de aderência à tração. Por meio do ensaio, foi possível descobrir que a resistência de aderência da argamassa de regularização era pequena, sendo uma das causas que ocasionaram o deslocamento.

Na FIGURA 23, evidencia-se uma descontinuidade da argamassa de assentamento, indicando baixa resistência de aderência às placas. Há a probabilidade de que tal fato tenha ocorrido graças à execução inadequada da argamassa, que devido ao excesso de água com intuito de garantir a fluidez, acabou por afetar a resistência de aderência ou, também, em decorrência do não preenchimento completo do espaço entre a placa e o substrato com a referida argamassa.

FIGURA 23: Descontinuidade da argamassa.



Fonte: O autor (2004).

4.3.2 Degradação das juntas

Desgastes superficiais no rejuntamento foram detectados em alguns pontos da fachada, ocasionando falha na vedação, como demonstrado na FIGURA 24. O rejuntamento se encontra danificado, visto que a edificação se encontra em um ambiente altamente poluído, sofrendo sérios ataques ácidos. Grande parte dos ácidos agride o rejuntamento cimentício utilizado, produzindo sais de cálcio facilmente solúveis e colaborando para o aumento da porosidade do rejunte, o que compromete a função das juntas de evitar a infiltração de água no revestimento.

FIGURA 24: Falhas no rejuntamento.



Fonte: O autor(2004)

4.3.3 Fissuras

Foram detectadas apenas fissuras visíveis com abertura de até 0,2 mm e sem direcionamento definido, apresentando forma não padronizada ao longo da extensão da placa, conforme ilustrado na FIGURA 25. Como esta patologia é provocada por elevadas e frequentes solicitações do material, a ausência de juntas de movimentação é a principal causa de sua manifestação, visto que, de acordo com lamaguti (2001), a junta apresenta como finalidade permitir a migração das tensões ocorridas nas placas para seu corpo, região mais fraca do sistema de revestimento.

FIGURA 25: Fissuras nas placas de granito.



Fonte: O autor (2004)

4.3.4 Trincas

Foram registradas somente trincas visíveis sem a utilização de aparelhos, com a mesma abertura das fissuras. Essa manifestação é considerada trinca pois apresenta direcionamento definido e é possível visualizar seu início e seu fim, sempre nas bordas das pedras. Existe a possibilidade de que esta manifestação se deva às falhas de revestimento encontradas ao longo da fachada do edifício, bem como a ausência de juntas de movimentação.

4.4 Recuperação adotada para o sistema de revestimento

Para o contexto diagnosticado foi necessário empregar uma forma de fixação auxiliar das placas, para solucionar os problemas de deslocamentos. Entre as formas presentes no mercado, optou-se pela fixação por parafusos com ancoragem química, por ser a alternativa mais condizente para o caso em questão. Esta escolha se baseou no fato de que a bucha química não oferece o risco de fraturar como as demais, pois não apresenta propriedades de fácil desgaste ao longo do tempo e também preenche a fratura causada pela furadeira nos tardos da placa.

Para efetivar-se o emprego dos parafusos com fixação química, foi realizado um teste na fachada, conforme ilustrado na FIGURA 26. O teste consiste em realizar o parafusamento em algumas placas, para posteriormente fazer um teste de arrancamento dos parafusos com macaco hidráulico. Ao fim do teste foi possível verificar que a carga máxima que o parafuso aguentaria seria 1000 Kg.

FIGURA 26: Parafusamento com bucha química e teste em fachada

FIGURA: 26 a



FIGURA: 26 d

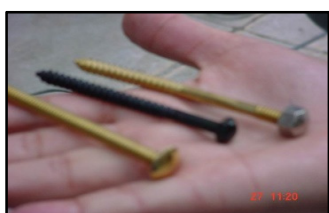


FIGURA: 26 b



FIGURA: 26 e

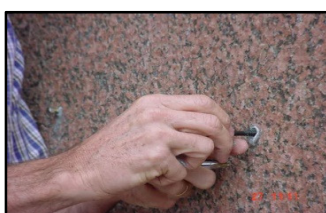


FIGURA: 26 c



FIGURA: 26 f



Fonte: O autor (2004).

O parafusamento, ilustrado na FIGURA 26, deveria ser executado com cuidado para não tencionar a placa e terminar na face externa da pedra. A vedação do parafuso deve ser implantada com arruela de borracha ou aplicação de mastique no furo antes da fixação e após, no entorno do parafuso. Durante o processo de fixação das placas, foi necessário marcar todas as placas quebradas ou soltas, uma vez que a fixação destas placas não se restringiria ao parafusamento com bucha química, mas também seriam assentadas com argamassa colante ACIII.

Além dessa solução, foi necessário executar um novo rejuntamento de mastique entre as pedras, com alargamento das juntas para cinco milímetros e inserir novas juntas de dessolidarização, a fim de solucionar a degradação do rejuntamento cimentício, o aparecimento de fissuras ao longo da fachada, bem como o deslocamento.

5. ESTUDO DE CASO EDIFÍCIO “B”

Apesar do trabalho ser sobre rochas ornamentais, o segundo estudo de caso da edificação conhecida como Edifício “B” (FIGURA 27 e 28), localizado na cidade de Barbacena veio comprovar que as patologias são bem parecidas em ambos os casos, seja o revestimento de rochas ornamentais ou cerâmica.

5.1 Apresentação do caso

A edificação possui três níveis de pavimentos, excluída a cobertura (telhado). A idade da edificação é de mais de quarenta anos. Sua estrutura consiste em concreto armado com vigas e pilares. A fachada principal e demais fachadas são revestidas com cerâmica, sendo objeto de interesse para o presente trabalho.

FIGURA 27: Fachada Frontal do Edifício “B”



Fonte: O autor (2004).

FIGURA 28: Fachada Posterior do Edifício “B”



Fonte: O autor (2004).

5.2 Forma de fixação das Cerâmicas

De acordo com arquivos do Tribunal de Justiça de Minas Gerais, a forma de fixação das Cerâmicas ocorreu de forma tradicional ou convencional, com a utilização sobre a base da parede com chapisco, emboço, argamassa colante, placas cerâmicas e de rochas ornamentais.

5.3 Manifestações patológicas identificadas no edifício

O revestimento em sua totalidade apresenta patologias como falha no rejunte, som cavo, deslocamento, risco eminente de queda e eflorescência. Todas as

patologias descritas encontram-se relacionadas na FIGURA 29 e 30 com os respectivos locais de aparição.

FIGURA 29: Deslocamento cerâmico na Fachada



Fonte: O autor (2004).

FIGURA 30: Eflorescência na Fachada



Fonte: O autor (2004).

5.3.1 Descolamento

Essa patologia foi observada a partir da identificação de cerâmicas com presença de som cavo e da efetiva separação entre o conjunto placa cerâmica/argamassa de assentamento e o substrato, como demonstrado na FIGURA 31. Assim, foi detectado o risco eminente de queda das placas.

FIGURA 31: Efetiva separação entre a argamassa de assentamento e o substrato



Fonte: O autor (2004).

Na época da intervenção foram realizados ensaios por meio da Fundação Christiano Ottoni com base na norma NBR-13755/96, a fim de determinar a resistência de aderência à tração. Por meio do ensaio, foi possível descobrir que houve falha na aplicação do chapisco, emboço e aplicação da argamassa colante, sendo uma das causas que ocasionaram o deslocamento.

Na FIGURA 32, evidencia-se uma descontinuidade da argamassa de assentamento, indicando baixa resistência de aderência às placas. Há a probabilidade de que tal fato tenha ocorrido graças à execução inadequada da argamassa, que devido ao excesso de água com intuito de garantir a fluidez, acabou por afetar a resistência de aderência ou, também, em decorrência do não preenchimento completo do espaço entre a placa e o substrato com a referida argamassa.

FIGURA 32: Falha na Aplicação do Chapisco, Emboço e Aplicação da Argamassa Colante.



Fonte: O autor (2004)

5.4 Recuperação adotada para o sistema de revestimento

Para o contexto deste edifício foi necessário à retirada de todas as placas cerâmicas e de rochas ornamentais por estar com mais de 70% da fachada comprometida, causando risco às pessoas que transitam em torno do edifício, conforme FIGURA 33.

FIGURA 33: Retirada das Cerâmicas das fachadas



Fonte: O autor (2004)

Após a retirada das placas cerâmicas e de rochas ornamentais e por ordem da Gerencia de obras do TJMG, definiu se que seria realizado um processo com aplicação de revestimento fabricado com base de polímeros acrílicos, cargas minerais, pigmentos, tanto orgânicos como inorgânicos e água, que são ótimos revestimentos que resistem às intempéries da chuva e dos raios nocivos do sol, além de conterem em sua fórmula hidrorrepelentes e antimofos, que protegem muito mais que os revestimentos convencionais e tem uma alta durabilidade que é conhecido como Grafiato.

FIGURA 34: Fachada antes da Reforma



Fonte: O autor (2004)

FIGURA 35: Fachada depois da Reforma



Fonte: O autor (2006)

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo apresentar uma revisão bibliográfica acerca dos elementos que compõe um sistema de revestimento de fachada e seu processo de execução, bem como os problemas que frequentemente incidem sobre estes, identificando suas causas, mecanismos de formação e possíveis soluções. A partir das informações contidas no referencial teórico, é possível afirmar que os componentes do revestimento cerâmico se relacionam de modo dinâmico e constante, não podendo ser tratados individualmente. Desta forma, é condizente alegar que o surgimento de manifestações patológicas não está relacionado a uma única causa, mas a somatória de diversos fatores.

Os dois estudos de casos apresentados endossam tais afirmativas, uma vez que foi possível constatar que vários fatores contribuíram para o surgimento das patologias, tais como: execução inadequada da argamassa com presença de água em excesso que acabou por afetar a resistência de aderência, o não preenchimento completo do espaço entre a placa e o substrato com a argamassa, exposição à poluição sofrendo a agressão de ácidos no rejuntamento cimentício que aumenta a porosidade e compromete a função das juntas para evitar a infiltração de água, e a ausência de juntas de movimentação e de dessolidarização causando fissuras e trincas.

As condições de exposição climática de um edifício refletem diretamente na vida útil e manutenção dos revestimentos utilizados. O sistema da fachada é muito crítico, pois tem que ser considerado a grande variedade de fenômenos naturais que o afetam (ventos, temperatura, chuvas, radiação solar, maresia, etc.).

A qualidade e a durabilidade dos revestimentos cerâmicos estão fortemente ligadas ao planejamento e escolha dos materiais adequados, à qualidade da construção e à manutenção ao longo de sua vida útil. Para tal, é necessária uma correta especificação, com projeto detalhado, contendo as especificações adequadas e as técnicas de execução. Igualmente importante, é necessária fiscalização adequada e treinamento da mão de obra, que são de fundamental importância para o resultado final desejado quanto ao desempenho e a durabilidade das edificações.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.749**. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: especificação. Rio de Janeiro, 1996a.

_____. **NBR 13.755**. Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante: procedimento. Rio de Janeiro, 1996b.

_____. **NBR 7.200**. Execução de revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: procedimento. Rio de Janeiro, 1998f.

_____. **NBR 15845**. Rochas para revestimento – Métodos de Ensaio. ANEXO A (normativo) Análise Petrográfica. Rio de Janeiro: ABNT; 2010.

_____. **NBR 15845**. Rochas para revestimento – Métodos de Ensaio. ANEXO B (normativo) Densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT; 2010.

_____. **NBR 15846**. Rochas para revestimento: Projeto, Execução e Inspeção e Revestimento de Fachadas de Edificações com Placas Fixadas por Insertos Metálicos. Rio de Janeiro: ABNT; 2010.

_____. **NBR: 15012** . Rochas para revestimentos de edificações – Terminologia. Rio de Janeiro, 2003. No prelo.

ANTUNES, Bianca. **Revestimento milenar**. Revista Qualidade de Rochas. São Paulo, junho, 2003.

AGOPYAN, Vahan. **Elementos de vedação vertical: observações sobre características que afetam o desempenho**. 1978. 123 P. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1978. *apud* OLIVEIRA JUNIOR, C.A.M. **Recomendações para projeto e execução de revestimento de fachadas com placas pétreas**. São Paulo, 2005. Trabalho de conclusão de Curso – Universidade Anhembi Morumbi.

BAUER, R. J. F. **Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. II, Salvador, 1997. Anais... p. 321-33.

BAUER, E. *et al.* **Revestimentos de argamassa : características e peculiaridades**. Brasília: LEM-UnB; Sinduscon, 2005.

CARVALHO JUNIOR, A. N. **Técnicas de Revestimento**; Apostila do Curso de Especialização em Construção Civil. 1.ed.Belo Horizonte: DEMC – EE.UFMG, 1999. 54p.

CARVALHO JUNIOR, A. N. *et al.* **A seleção e especificação de argamassas de assentamento de rochas ornamentais visando a maximização de desempenho do sistema de revestimento.** In: III Congresso Português de Argamassa de Construção. Artigo da Sessão Plenária 3. Lisboa, 2010. Referência: 05/2010.

CHIODI FILHO, Cid. **Situação atual e perspectivas brasileiras no setor de rochas ornamentais e de revestimento.** In: III Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais e VI Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. **Anais.** Salvador. CETEM, 2001. p. 20-23

COSTA, M. P. R. **Manual de Controle de Qualidade para Revestimentos de Fachadas em Pedra.** Lisboa, 2011. Dissertação para a Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Técnica de Lisboa.

FLAIN, ELEANA PATTA. **Alguns aspectos da produção de revestimentos de fachadas de edifícios com placas pétreas.** São Paulo, EPUSP, 1995. 22p. *Boletim técnico da Escola Politécnica da USP.* Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/147.

FLAIN, E. P.; SABBATINI, F. H. **Alguns aspectos da produção de revestimentos de fachadas de edifícios com placas pétreas.** São Paulo, 1995. 25p. Boletim Técnico da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FRASCÁ, M.H.B. de O. **Caracterização tecnológica de rochas ornamentais e de revestimento: estudo por meio de ensaios e análises e das patologias associadas ao uso.** In: III Simpósio sobre Rochas Ornamentais do Nordeste, Anais, Recife, 2002, PE.

GAMA, HELMO BAGDÁ. **Principais Patologias Associadas ao Uso de Rochas Ornamentais.** In: II Seminário de Rochas Ornamentais do Nordeste, Anais, Salvador, 2001, BA.

GRIP, RONALDO ASSIS. **A importância do projeto de revestimento de fachada, para a redução de patologias.** Belo Horizonte, Minas Gerais, 2008. Monografia elaborada junto ao Curso de Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais.

IAMAGUTI, Ana Paula Santini. **Manual de rochas ornamentais para arquitetos.** Rio Claro, São Paulo, 2001. Dissertação de Mestrado elaborada junto ao Curso de Pós-Graduação em Geociências

JUST, Ângelo C. S. **Deslocamentos dos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife.** 2001. Dissertação (Mestrado). São Paulo, 2001

MAIA, S.M.C. **Estudo integrado geológico/ Tecnológico de rochas ornamentais: os granitos flores e jacarandá, RN.** Natal, 2004. Dissertação de Mestrado.

MARANHÃO *et al.* **Causas de patologias e recomendações para a produção de revestimentos aderentes com placas de rocha.** São Paulo, EPUSP, 2006. *Boletim*

técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/421.

OLIVEIRA JUNIOR, C.A.M. **Recomendações para projeto e execução de revestimento de fachadas com placas pétreas.** São Paulo, 2005. Trabalho de conclusão de Curso – Universidade Anhembi Morumbi.

PEITER, C.C. *et al.* **Rochas Ornamentais no século XXI: Bases de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras.** Rio de Janeiro: Cetem/Abirochas. 150p, 2001.

QUINALIA, ELIANE. **Restauração.** RevistaTéchne. Edição 103, Outubro, 2005.

ROSCOE, M.T. **Patologias em revestimento cerâmico de fachada.** Belo Horizonte, 2008. Monografia- Universidade Federal de Minas Gerais.

SABBATINI, F.H. *et al.* **Recomendações para execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos.** Texto técnico da Univerdade de São Paulo, São Paulo, 1998.

SILVA, A. F. F. **Previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes.** Lisboa, outubro de 2009. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil

VARGAS, T.; MOTOKI, A; PEIXOTO, J.L.N. **Rochas ornamentais do Brasil, seu modo decorrência geológica, variedade tipológica, exploração comercial e utilidades como materiais nobres.** Revista de Geociências, v. 2-2, p. 119-132, 2001.

BRANCO, L. A. M. N.. **Revestimentos Pétreos: Estudo de desempenho frente às técnicas e condições de assentamento.** Belo Horzonte, 2010. Tese de doutorado - Univerdade Federal de Minas Gerais.