

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
MARINA NASCIMENTO SILVA

**Levantamento e diagnóstico das manifestações patológicas no
prédio da antiga alfândega de Florianópolis**

Florianópolis

2013.

MARINA NASCIMENTO SILVA

**Levantamento e diagnóstico das manifestações patológicas no
prédio da antiga alfândega de Florianópolis**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Programa de Graduação
em Engenharia Civil da Universidade
Federal de Santa Catarina como parte
dos requisitos para obtenção do título
de Engenheiro (a) Civil.

Orientador: Professor Dr. Wellington
Longuini Repette

Florianópolis

2013.

MARINA NASCIMENTO SILVA

**Levantamento e diagnóstico das manifestações patológicas no
prédio da antiga alfândega de Florianópolis**

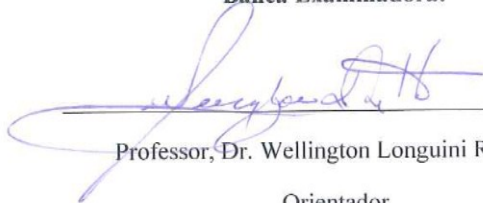
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de Engenheiro (a) Civil, e aprovado em sua forma final pelo Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, novembro de 2013.

Professor Luiz Alberto Gomez, Dr.

Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Professor, Dr. Wellington Longuini Repette,

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Professor Ivo José Padaratz, PhD
Universidade Federal de Santa Catarina

Virginia Gomes de Luca
Chefe da Divisão Técnica IPHAN/ SC

Ao meu pai, Fernando Silva, homem batalhador que me mostrou que toda conquista é fruto do trabalho.

A minha mãe, Maria de Fátima do Nascimento Silva, que me ensinou o bem e me apresentou à fé, fica minha gratidão por toda dedicação, sacrifício e paciência.

A minha tia e madrinha, Maria Terezinha Pereira, meu anjo da guarda.

Com carinho e muito amor.

Agradecimentos

Agradeço a Fundação Catarinense de Cultura (FCC) e ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) por terem acreditado na proposta apresentada e concedido autorização para a realização do estudo de caso integrante deste trabalho.

Meu agradecimento, em especial, a Virginia Gomes de Luca, Arquiteta e Urbanista chefe da divisão técnica IPHAN/ SC, pelos materiais de referência cedidos, pelo acompanhamento em visita à Casa da Alfândega e demais orientações; a Cristiane Galhardo Biazin, Arquiteta e Urbanista técnica do IPHAN/SC, pela supervisão em vistoria ao local e esclarecimentos quanto aos materiais, técnicas e intervenções; e a Kátia Ronaldo do setor de arqueologia do IPHAN/SC pela atenção e receptibilidade nas visitas realizadas.

A Wellington Longuini Repette, professor orientador, meu agradecimento pelo conhecimento transmitido nas disciplinas da graduação que me deram subsídio e motivação para realização deste estudo na área de Patologia das Construções, bem como pela orientação durante a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos meus familiares, obrigada por todo carinho, incentivo, apoio e preocupação.

Aos meus amigos, fica a gratidão por terem compartilhado dos momentos de alegria e das angústias, por terem tornado o percurso mais leve e divertido.

A Deus, minha gratidão por ter mantido firme a minha fé nas pessoas, nos sonhos e na vida mesmo nos momentos mais conturbados.

Resumo

O presente estudo desenvolvido na área de Patologia das Construções traz o levantamento e análise das anomalias que acometem o prédio da antiga Alfândega de Florianópolis, localizado no centro da capital catarinense. Como fatores determinantes no processo de degradação destacam-se a natureza dos aglomerantes, a compatibilidade entre materiais, a presença de sais, de agentes biológicos e de umidade. A ação da água, sobretudo a ascensão capilar, teve sua abordagem aprofundada em virtude da abrangência e gravidade das manifestações patológicas decorrentes que atuam principalmente sobre a argamassa de revestimento e pintura. Por fim são apresentadas propostas de intervenção.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Construção histórica. Absorção capilar. Umidade. Sais.

Abstract

This study developed in the area of Pathology Constructions brings a survey and analysis of anomalies that affect the building of the old Customs of Florianópolis, located in the center of the capital of Santa Catarina. As determining factors in the process of degradation highlight the nature of binders, the compatibility between materials, the presence of salts, biological agents and moisture. The action of water, especially capillary absorption, had its deepened approach because of the scope and severity of the pathological manifestations resulting from that act primarily on the mortar coating and paint. Finally proposals for intervention are discussed.

Keywords: Pathological manifestations. Historical building. Capillary absorption. Moisture. Salts

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Junta tipo saia e camisa.....	23
Figura 2 – Alvenaria em pau-a-pique: elementos.....	25
Figura 3 – Aplicação da cantaria em painéis de alvenaria	26
Figura 4 – Lajeado e planta e em perfil.....	27
Figura 5 - Disposição das pedras em relação ao pilar: Casa da Alfândega	28
Figura 6 – Absorção capilar	46
Figura 7 - Introdução de membrana	55
Figura 8 - Aplicação de impermeabilizante por gravidade.....	56
Figura 9 - Aplicação de impermeabilizante sob pressão	57
Figura 10 - Disposição dos furos para impermeabilização.....	57
Figura 11 - Valas de aeração	59
Figura 12 - Região central de Florianópolis	64
Figura 13 – Prédio da Alfândega antes do aterro	66
Figura 14 - Pavilhão central: superfícies cujos rebocos foram substituídos.....	68
Figura 15 – Pavilhão central: rebocos deteriorados	69
Figura 16 - Remoção da argamassa para substituição do revestimento	70
Figura 17 - Valas de aeração interna e externa, respectivamente.....	71
Figura 18 – Pavilhão central: superfícies recuperadas	72
Figura 19 - Absorção capilar da fundação.....	75
Figura 20 - Zonas de distribuição de umidade	76
Figura 21 - Desprendimento pontual da argamassa	77
Figura 22 - Desprendimento pulverulento da argamassa	80
Figura 23 - Pulverulência da argamassa - Pilar central, ala oeste	82
Figura 24 - Pulverulência da argamassa - Parede interna, ala oeste.....	82

Figura 25 - Abaulamento da tinta	83
Figura 26 - Bolhas na pintura.....	84
Figura 27 - Descascamento da pintura - Superfície interna, ala oeste ..	86
Figura 28 - Desprendimento da pintura a cal	87
Figura 29 - Descascamento pontual da tinta a cal - Fachada sul.....	88
Figura 30 - Proliferação de algas	90
Figura 31 - Ação dos fungos	91
Figura 32 - Drenos para escoamento da água de precipitação	92
Figura 33 - Combate aos pombos - Ação das espículas.....	93
Figura 34 - Infiltração da água de precipitação - Pavimento térreo	95
Figura 35 - Obstrução das calhas – Pavimento Superior	96
Figura 36 - Eflorescência.....	98
Figura 37 - Cristalização de sais	98
Figura 38 - Vegetação na cobertura	99
Figura 39 – Ação vegetal sobre a biodeterioração	100
Figura 40 - Manifestações patológicas na fachada oeste	101
Figura 41 - Manifestações patológicas na fachada sul.....	102
Figura 42 - Respiros das valas de aeração	105
Figura 43 - Valas de aeração - Hall térreo do pavilhão central.....	106
Figura 44 - Distribuição dos produtos químicos - Bloqueio da umidade ascendente.....	107
Figura 45 - Sujidade.....	108

Lista de Quadros

Quadro 1 - Consequências da ação de diferentes micro-organismos.....	50
Quadro 2 – Resumo das intervenções no sistema de revestimento.....	73
Quadro 3- Quantitativo das manifestações patológicas na fachada externa.....	103
Quadro 4 - Dimensões das fachadas críticas.....	103

Sumário

1. Introdução.....	15
1.1. Justificativa	16
1.2. Objetivo.....	17
1.3. Etapas	17
1.4. Organização do trabalho.....	18
2. Revisão Bibliográfica.....	19
2.1. Formas de intervenções em edificações históricas	19
2.1.1. Manutenção.....	20
2.1.2. Restauração.....	20
2.1.3. Conservação.....	21
2.1.4. Consolidação.....	21
2.1.5. Reabilitação/Reciclagem.....	21
2.1.6. Reconstrução.....	22
2.2. Sistema Construtivo	22
2.2.1. Técnicas construtivas utilizadas na Casa da Alfândega	23
2.3. Materiais: Argamassa.....	28
2.3.1. Composição da argamassa	28
2.3.2. Cal.....	29
2.3.3. Influência da cal nas propriedades das argamassas.....	30
2.3.4. Cimento Portland	31

2.3.5.	Influência do cimento nas propriedades das argamassas	32
2.3.6.	Agregados	33
2.3.7.	Análise comparativa entre argamassas a base de cal e argamassas a base de cimento	34
2.3.8.	Manifestações patológicas em argamassa	35
2.4.	Materiais: Tintas	36
2.4.1.	Composição.....	37
2.4.2.	Manifestações patológicas em pinturas.....	39
2.5.	Condições favoráveis à degradação a degradação de revestimentos de argamassa e pintura.....	41
2.5.1.	Umidade	41
2.5.2.	Salinidade.....	46
2.5.3.	Agentes biológicos	49
2.6.	Ensaio de caracterização das argamassas e pinturas	51
2.6.1.	Permeabilidade ao vapor d'água	52
2.6.2.	Absorção de água por capilaridade	53
2.6.3.	Resistência aos sais	54
2.7.	Técnicas de Restauração.....	54
2.7.1.	Umidade Ascendente.....	55
2.7.2.	Sais.....	59
2.7.3.	Argamassas de recuperação e sacrifício	61

3. Estudo de caso: Diagnóstico das manifestações patológicas no prédio da antiga Alfândega de Florianópolis.....63

3.1.	Metodologia	63
3.2.	Localização	63
3.3.	Uso atual.....	64
3.4.	Histórico	65
3.5.	Histórico de Intervenções.....	66
3.6.	Análise das manifestações patológicas.....	74
3.6.1.	Desprendimento pontual da argamassa	76
3.6.2.	Desprendimento da argamassa com pulverulência	79
3.6.3.	Destacamento da tinta	83
3.6.4.	Empolamento da tinta	84
3.6.5.	Descascamento da tinta plástica.....	85
3.6.6.	Desprendimento da tinta a base de cal	87
3.6.7.	Manchas avermelhadas na superfície da pintura.....	89
3.6.8.	Manchas esverdeadas na parede externa.....	91
3.6.9.	Manchas escuras	93
3.6.10.	Manchas de umidade	94
3.6.11.	Eflorescência.....	96
3.6.12.	Ocorrência de vegetação	99
3.7.	Fachadas críticas	101

3.8.	Propostas de Intervenção	104
3.8.1.	Umidade ascendente.....	104
3.8.2.	Umidade de precipitação	107
4.	Considerações finais.....	110
	Recomendações para trabalhos Futuros.....	111
	Referências Bibliográficas.....	112

1. Introdução

As manifestações patológicas são correntes nas construções, tanto nas erguidas recentemente quanto nas antigas. Nas edificações históricas, especificamente, essa ocorrência está associada a técnicas construtivas deficientes quando comparadas as atuais e ao desconhecimento dos conceitos de compatibilidade dos materiais, principalmente.

Ao decorrer dos anos o intervalo de manutenção é, em geral, demasiadamente longo. Nas intervenções arquitetônicas e urbanísticas aplicam-se técnicas inadequadas que muitas vezes culminam no agravamento dos problemas já instalados. Nesse contexto, surge a necessidade de um estudo mais aprofundado na área de Patologia da Construção. A partir deste, seria possível desenvolver uma análise que dê subsídios para propostas de solução eficazes que confirmem condições de uso e segurança adequadas.

Nas edificações históricas, muitas delas tombadas como patrimônio, as intervenções propostas além de eficazes devem ser minimamente invasivas para não alterarem as características originais (estruturais, por exemplo) da construção. Essa prática visa à perpetuação cultural de técnicas construtivas, elementos arquitetônicos, etc.

No prédio da Casa da Alfândega de Florianópolis, objeto do estudo de caso deste trabalho, figuram como os principais causadores das anomalias observadas os fenômenos de absorção e transporte de água, que atinge a edificação, sobretudo pela infiltração (água de precipitação) e absorção capilar da água do solo. Materiais como as tintas e a argamassa constituem os mais afetados por conta de sua natureza porosa que favorece a percolação, intensificada pela ausência de camadas impermeabilizantes cujo emprego não era habitual na época da construção. Deficiências de iluminação e ventilação também contribuem para o agravamento das anomalias.

A proximidade com o mar confere características salinas ao solo sobre o qual o prédio está erguido e a atmosfera no qual se insere, já a elevada umidade relativa típica da região potencializa a ação de micro-organismo, favorecendo a biodeterioração. Esses fatores associados aos procedimentos inadequados aos quais a edificação foi

submetida contribuem para a amplificação das manifestações patológicas.

Em suma, o presente trabalho está estruturado de modo a apresentar inicialmente conceitos básicos referentes às formas de intervenção, técnicas construtivas e materiais empregados, condições favoráveis à degradação, ensaios pertinentes, técnicas de restauração, etc. Em seguida é apresentado o estudo de caso realizado no prédio da antiga alfandega de Florianópolis. Após a contextualização e levantamento histórico, é apresentada a análise propriamente dita das anomalias observadas que acometem, sobretudo, as alvenarias (revestimento de argamassa e tinta). Por fim, são expostas propostas de intervenção para combater a umidade ascendente, principal mecanismo responsável pelas manifestações patológicas existentes.

1.1. Justificativa

O estudo voltado à Patologia das Construções relaciona-se diretamente com a durabilidade, segurança, conforto e estética das edificações sendo de fundamental importância tanto nas mais recentemente erguidas quanto nos prédios antigos. Nas construções históricas, especificamente, os efeitos são potencializados em razão dos longos anos de uso e exposição a agentes degradantes, associados a técnicas construtivas defasadas.

Em uma cidade como Florianópolis, amplamente reconhecida por seu potencial turístico, a manutenção das características arquitetônicas e funcionais dos bens históricos adquire importância econômica, além do valor cultural.

Quanto ao aspecto econômico, o prédio da antiga alfandega atua como um polo de atração de turistas que investem seu capital tanto nas inúmeras lojas de diversos segmentos estabelecidas na região central, quanto na galeria de artesanato residente no próprio prédio. No que se refere à importância cultural, o bem material representa um elemento concreto que ajuda a contar a história do local a partir de suas técnicas construtivas, estética dos componentes, distribuição funcional, entre outros aspectos.

Cabe destacar a importância da proposta do trabalho sobre o bem estar dos visitantes e principalmente funcionários que atuam na Casa da Alfândega a partir da preocupação em conferir adequadas condições de uso aos ambientes da edificação.

Apesar das particularidades de cada caso, os conceitos aplicados à análise das anomalias em edificações históricas podem sim ser aplicados, com as devidas considerações, as novas construções.

O presente documento pode vir a constituir material técnico de referência para consulta por parte dos órgãos responsáveis pela administração/manutenção da edificação objeto do estudo de caso (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN e Fundação Catarinense de Cultura - FCC) em futuras intervenções a serem realizadas na Casa da Alfândega.

1.2. Objetivo

O principal objetivo deste documento é promover o levantamento e análise das manifestações patológicas que acometem o prédio da Casa da Alfândega de Florianópolis, no centro da capital catarinense, associando cada anomalia crítica verificada a suas causas e mecanismos de ocorrência e propondo, por fim, uma solução que minimize os problemas observados. Com isso, o estudo passaria a constituir material técnico de referência para futuros projetos de intervenção por parte das instituições responsáveis pela manutenção e uso do edifício¹.

1.3. Etapas

Dentre as etapas realizadas ao longo do desenvolvimento da pesquisa destacam-se:

- Levantamento e análise dos materiais empregados na edificação;

¹ Atualmente o uso e manutenção da Casa da Alfândega estão sob responsabilidade do IPHAN e FCC.

- Levantamento e análise das técnicas construtivas empregadas na edificação;
- Obtenção e análise do histórico de intervenções realizadas;
- Levantamento das principais manifestações patológicas que acometem a edificação;
- Determinação das causas e mecanismos de ocorrência das anomalias observadas;
- Propostas para futura intervenção.

1.4. Organização do trabalho

A seguir, a presente pesquisa divide-se em dois importantes capítulos: revisão bibliográfica e estudo de caso.

A revisão bibliográfica, de forma geral, trata de assuntos pertinentes a completa compreensão do estudo de caso, tais como: formas de intervenção em patrimônios, técnicas construtivas e materiais empregados na Casa da Alfândega, condições favoráveis à degradação de sistemas de revestimento de argamassa e pintura, ensaios de caracterização de argamassas e tintas e, por fim, técnicas de restauração.

O estudo de caso trata do levantamento e análise das manifestações patológicas na Casa da Alfândega. Em princípio é apresentada uma caracterização da edificação seguida de um histórico das intervenções já realizadas no local. Posteriormente é apresentado o diagnóstico das principais manifestações patológicas verificadas no prédio, cuja abrangência de ação e degradação merecem destaque.

As propostas de intervenção foram formuladas para os pontos mais críticos de degradação.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Formas de intervenções em edificações históricas

As intervenções podem ser divididas em dois grandes grupos: intervenções preventivas e intervenções corretivas. A primeira delas engloba ações contínuas de preservação, em geral pouco incisivas, que são estabelecidas desde os primeiros momentos pós-construção. As intervenções corretivas, por sua vez, referem-se a medidas tomadas quando algum problema já se estabeleceu sobre a construção e tem de ser solucionado. Estas são, na maior parte das vezes, de grande magnitude e correspondem a elevados gastos devido à abrangência da patologia sobre as áreas da edificação.

No Brasil, as intervenções corretivas são mais frequentes que as preventivas devido a hábitos culturais de solução de problemas em detrimento da adoção de medidas para evitar a ocorrência dos mesmos.

Nesse contexto de intervenções, cabe definir:

- **Patrimônio**

De acordo com Costa (2005) o patrimônio é, de modo geral, uma herança comum transmitida ao longo das gerações devido à identificação da sociedade com o mesmo. Compreende bens materiais e imateriais, naturais e culturais podendo ser representado por uma construção, objetos variados, ambiente/localidade, documentos, etc.

Um patrimônio histórico, por sua vez, é aquele que atua como testemunho de um determinado método construtivo, estilo arquitetônico, movimento artístico ou literário, entre outros, sendo de fundamental importância no registro da história de uma civilização.

- **Tombamento**

Costa (2005) define o tombamento como um conjunto de ações que constitui um instrumento de preservação do patrimônio por meio do qual se dá a proibição legal da destruição do mesmo. A iniciativa pelo tombamento de determinados bens pode ser por parte de qualquer pessoa, física ou jurídica.

Lersch (2003) destaca que o tombamento de um patrimônio não implica em verbas para sua restauração, mas sim, em ações que impeçam a perda de suas características originais.

A seguir são apresentadas as formas de intervenção mais comumente empregadas em patrimônios em geral, tombados ou não.

2.1.1. Manutenção

Engloba todas as intervenções rotineiras que visam, segundo Lersch (2003), manter o desempenho da edificação acima do mínimo especificado. O desempenho mínimo está associado às condições básicas de conforto e segurança exigidas para a utilização.

A NBR 5.674 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999) em sua abordagem define a manutenção como sendo o *“conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários”*.

Costa (2005) afirma que a manutenção compreende as seguintes ações: pintura, cuidados com a alvenaria, eliminação/controla da umidade, controle da ação biológica, reparos pontuais, etc.

Vale ressaltar que a falta de manutenção pode vir a provocar a interrupção do uso antes do período de vida útil pré-estabelecida (LERSH, 2003), além de resultar na desvalorização social e econômica da edificação (GIESELER, 2009).

2.1.2. Restauração

Quando o desempenho se torna menor do que o mínimo se torna necessário efetuar a restauração do patrimônio (LERSCH, 2003). Isso pode ser feito por meio da adoção de um conjunto de medidas que pretendem devolver ou manter as características originais da edificação sempre que possível.

Pode-se efetuar a substituição parcial ou total de componentes ou partes originais da edificação, de forma isolada. Como exemplo, pode-se citar a complementação/troca das instalações, recuperação da alvenaria, etc. (SEELE, 2000 apud LERSH, 2003).

Enquanto a manutenção compreendem intervenções rotineiras e preventivas, a restauração se dá em intervalos maiores e é de natureza corretiva.

2.1.3. Conservação

A conservação consiste num processo contínuo de manutenção realizado em bens imóveis que, segundo Braga (2003), tem como objetivo prologar a vida útil por meio do retardamento da degradação.

A conservação se enquadra como uma medida preventiva que evita intervenções mais invasivas no patrimônio.

Entre as medidas de conservação mais corriqueiras temos a limpeza. Braga (2003) afirma que antes da utilização dos produtos de limpeza deve-se verificar sua compatibilidade com as superfícies nas quais serão aplicados para que não atuem como agentes degradantes. A autora afirma ainda que, além da limpeza, a conservação abrange o estabelecimento de posturas e comportamentos adequados em relação à utilização do patrimônio.

2.1.4. Consolidação

Intervenção que se faz necessária quando o perigo de ruína é iminente estando relacionada estritamente aos elementos estruturais e fundação (JANTZEN, 1996 apud LERSCH, 2003).

Costa (2005) destaca que se deve evitar que os procedimentos efetuados modifiquem a estética da edificação.

2.1.5. Reabilitação/Reciclagem

Adaptação ou modificação da edificação original com o intuito de permitir outros usos diferentes daqueles para os quais o patrimônio

foi projetado inicialmente, evitando desse modo à obsolescência do mesmo. Deve-se evitar modificar as características originais do patrimônio (JANTZEN, 1996 apud LERSCH, 2003).

Lersch (2003) afirma que devem ser verificadas as capacidades máximas de carregamento e as ações inicialmente consideradas no projeto da edificação para que os novos usos não acarretem danos nem agravem os já existentes.

2.1.6. Reconstrução

Braga (2003) define a reconstrução como sendo a reprodução com fidelidade de uma obra no mesmo local onde se localizava a original. Segundo a autora essa ação se justifica em casos isolados, onde a edificação tem grande importância cultural e histórica.

Cabe destacar que essa intervenção só é possível quando existirem referências suficientes para que a nova obra fique idêntica a original.

2.2. Sistema Construtivo

O prédio da Casa da Alfândega, que é composto por um corpo central de dois pavimentos acoplado às alas laterais de um pavimento, foi construído segundo Vaz e Pereira (2004), seguindo os modelos da arquitetura neoclássica. Essa constatação pode ser verificada em sua forma retangular e simetria bem definidas, uso de cores claras, frontão triangular no topo das fachadas, arcos arrematando a parte superior das esquadrias, cornijas no limite superior dos pavimentos, pé direito elevado concedendo um caráter monumental aos edifícios, colunas dóricas de grande dimensão, etc.

Vaz e Pereira (2004) afirmam que, originalmente, os sistemas de vedação utilizados foram alvenaria de pedra e pau-a-pique na parte inferior e superior, respectivamente. Intervenções posteriores introduziram elementos cerâmicos a edificação de modo que, atualmente, as paredes externas são de cantaria revestida com argamassa e pintura a base de cal, sem exceções. As paredes internas, por sua vez,

são de tijolos cerâmicos e/ou pedra revestidos predominantemente com argamassa a base de cimento em substituição a original feita a partir de cal. No oitão da cobertura, especificamente, tijolo cerâmico maciço obtido a partir da queima da argila foi empregado. Na maior parte da vedação interna empregou-se tinta PVA.

Apresenta cobertura em telha cerâmica, do tipo capa e canal, suportada por estrutura de madeira, sendo que os telhados das alas laterais são compostos de três águas e o do corpo central de quatro águas. As portas e janelas, que apresentam arcos na parte superior, são em madeira, vidro e ferro trabalhado com moldura em pedra na periferia e estão pintadas com tinta esmalte. As portas apresentam óculos á direita e esquerda.

O piso do pavimento superior é executado em tábuas corridas apoiadas em barrote, já na parte inferior há pisos em pedra e cimentados. As sacadas apresentam pisos em cantaria.

O forro de ambos os pavimentos é em madeira com encaixe do tipo saia e camisa (Figura 1).

Figura 1 – Junta tipo saia e camisa



Fonte: Santos, 1951 apud Colin, 20--.

Seguindo a característica neoclássica de uso de cores claras, inicialmente adotou-se a caiacção branca para as paredes, hoje em tom de amarelo/ocre.

2.2.1. Técnicas construtivas utilizadas na Casa da Alfândega

2.2.1.1. Pau-a-pique

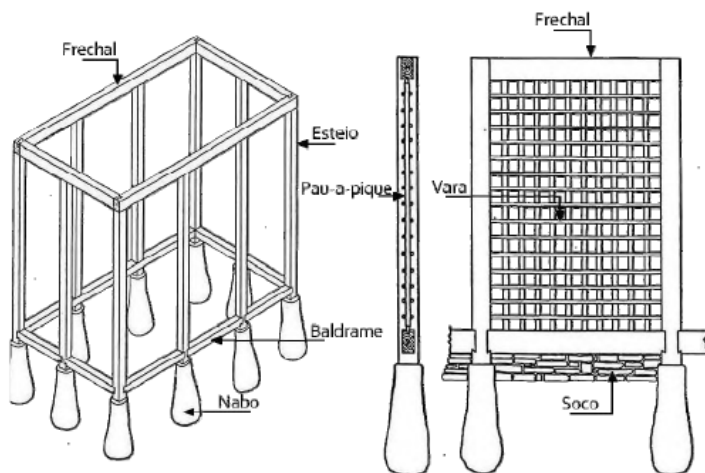
Braga (2003) define o pau-a-pique como um sistema de vedação, geralmente empregado em divisórias internas, que consiste em

madeiras dispostas vertical e horizontalmente de modo a formar uma estrutura gradeada sobre a qual é colocada argila para dar fechamento e espessura (Figura 2). Os elementos que compõe o painel de pau-a-pique podem ser unidos por amarração ou pregos. Já a argila, na qual são geralmente adicionadas fibras vegetais como palha, é fixada através de lançamento.

A rigidez do painel é garantida por meio da fixação dos elementos verticais da estrutura gradeada em peças horizontais de madeira de maior dimensão. As peças inferiores e superiores são denominadas, respectivamente, baldrame e frechal. Para completar a estabilidade do sistema, são utilizados também elementos verticais chamados de esteios cuja extremidade inferior é inserida no solo. (Braga, 2003). Tal extremidade, segundo Colin (20--), era popularmente designada de nabo, pois não recebia acabamento na forma retangular mantendo o formato natural da árvore.

A malha quadrangular sobre a qual a argila era moldada tinha em sua composição elementos roliços verticais (pau-a-pique) e elementos horizontais, mais finos, chamados de vara. Com a função de dar fechamento ao espaço entre o baldrame e o solo construía-se um pequeno painel de alvenaria denominado soco (COLIN, 20--).

Figura 2 – Alvenaria em pau-a-pique: elementos



Fonte: Santos, 1951 apud Colin, 20--.

O acabamento, conforme Braga (2003) pode ser dado pela argamassa tradicional resultando em uma espessura final que varia entre 10 e 15 cm.

2.2.1.2. Cantaria

A cantaria pode ser tanto um sistema de vedação quanto um sistema estrutural quando constitui paredes auto portantes. Também conhecida como alvenaria de pedra aparelhada, consiste na disposição de blocos maciços de pedras cujas faces são regulares de modo a formar um painel (Figura 3).

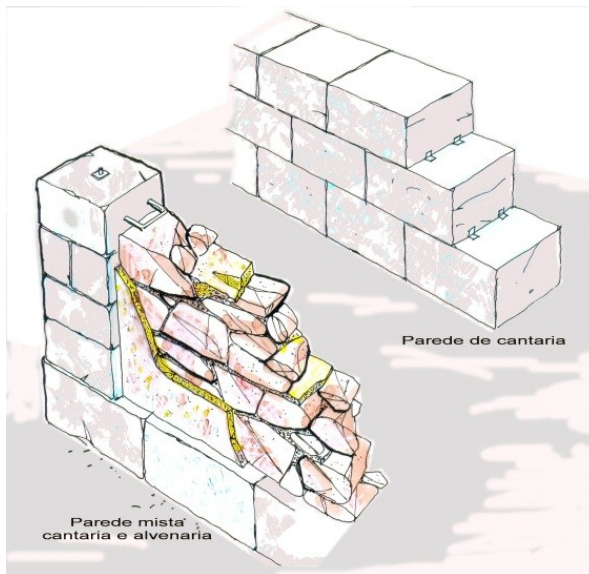
Conforme Braga (2003) há quatro formas de ligação das peças: por atrito, utilização de argamassa nas juntas, encaixe por entalhes e recortes, e utilização de grampas metálicas. Colin (20--) afirma ainda que, às vezes, óleo de baleia era empregado como adesivo para auxiliar na vedação da alvenaria.

Braga (2003) discorre sobre a baixa resistência à tração e flexão dos elementos de pedra, em contrapartida a elevada resistência à compressão. Vale ressaltar que no sistema de vedação a resistência à tração e flexão é ainda menor quando comparada a pedra isolada por

conta da distribuição irregular dos esforços, heterogeneidade, influência das juntas, natureza da argamassa de ligação, etc. (PETRUCCI, 1980 apud BRAGA, 2003). Como consequência, os vãos das aberturas para iluminação e ventilação são vencidos com arcos, pois a disposição da vedação dessa forma permite que as pedras dos vãos trabalhem comprimidas, não tracionadas.

Braga (2003) cita a utilização de cantaria na amarração de planos distintos de paredes que formam os cantos (cunhais) de edificações constituindo assim sistemas de alvenaria mista. Vale ressaltar que, em função do elevado custo e da falta de profissionais qualificados, o emprego desta técnica no Brasil, bem como em Portugal, restringiu-se a algumas partes da edificação, em geral as mais importantes como janelas e soleiras, além dos cunhais já mencionados, entre outros (COLIN, 20--).

Figura 3 – Aplicação da cantaria em painéis de alvenaria

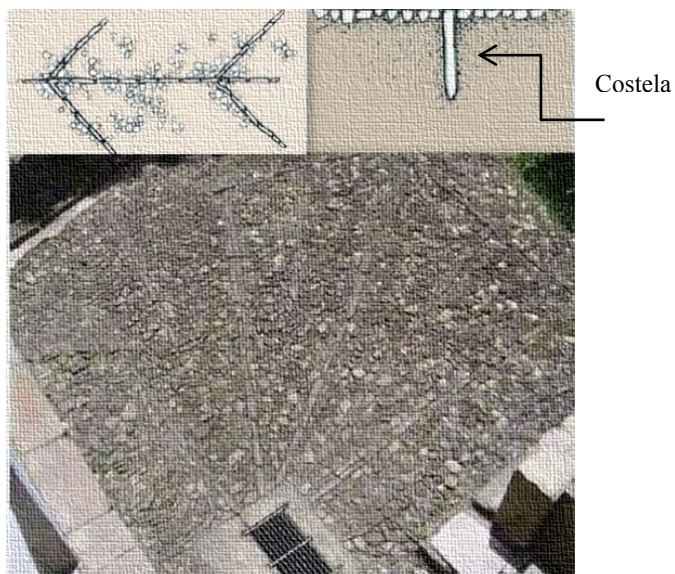


Fonte: Colin 20--.

2.2.1.3. Lajeado

Colin (20--) discorre a respeito dos pisos externos, os chamados lajeados mostrados nas Figuras 4 e 5 a seguir. Estes foram empregados também nos pavimentos térreos de edifícios e consistem em peças de pedra, paralelepípedos, por exemplo, assentados com argamassa de barro. As pedras podem ser obtidas a partir de diversos materiais cujas dimensões são igualmente variadas, sendo menores nos ambientes internos comparados aos externos. O autor afirma que, na pavimentação de ruas, eram utilizadas peças verticais enterradas para reforçar o conjunto. Tais peças eram chamadas de costelas, e as demais, utilizadas no preenchimento, eram designadas pé-de-moleque.

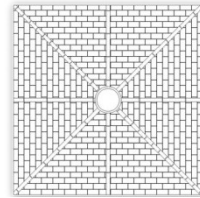
Figura 4 – Lajeado e planta e em perfil



Fonte: Colin, 20--.

Nos ambientes mais nobres da edificação podiam-se empregar materiais de melhor qualidade, como mármore, para compor detalhes do piso (COLIN, 20--).

Figura 5 - Disposição das pedras em relação ao pilar: Casa da Alfândega



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

2.3. Materiais: Argamassa

2.3.1. Composição da argamassa

A argamassa largamente utilizada em revestimentos é constituída por agregado miúdo, aglomerante, água e aditivos para melhorar características específicas, eventualmente. Esses materiais misturados homoganeamente atuam em conjunto conferindo as propriedades químicas, físicas e mecânicas das argamassas.

Entre os aglomerantes mais comuns, pode-se destacar o cimento e a cal, amplamente utilizada em construções antigas. Esses componentes aplicados às argamassas são os responsáveis pela coesão dos agregados.

2.3.2. Cal

A cal é obtida a partir do calcário (CaCO_3 ou MgCO_3) existente na natureza. Conforme a porcentagem de argila associada ao calcário, o produto final será cal aérea/hidratada (de uso mais comum na construção civil) ou cal hidráulica.

Coutinho (2002) afirma que o calcário com teor de impurezas de até 5% ao ser calcinado a temperatura de cerca de 900°C dá origem a cal virgem (CaO ou MgO). Esta, ao reagir com água no processo de extinção dá origem ao hidróxido de cálcio ou cal aérea ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), predominantemente, e ao hidróxido de magnésio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$).

O processo de extinção consiste na hidratação da cal virgem e pode ocorrer por imersão ou aspersão. No primeiro caso, a hidratação se dá com excesso de água formando a chamada “pasta de cal”. No segundo caso, é usada a quantidade de água estritamente necessária à hidratação formando um pó seco. O endurecimento se dá no contato com o ar em virtude da evaporação da água excedente e da recarbonatação por conta da reação com o CO_2 presente na atmosfera. Seus produtos de hidratação não são resistentes à água (COUTINHO, 2002).

Segundo Coutinho (2002) para teores de impureza de até 20% a calcinação do calcário a temperatura em torno de 1100°C fornece a cal hidráulica, formada por silicatos e aluminatos de origem argilosa que endurecem em contato com a água ou o ar, e também pela cal virgem (CaO ou MgO) que endurece pelo contato com o ar. A hidráulidade da cal varia de acordo com o teor de argila associada ao calcário (KANAN, 2008).

Os produtos resultantes da queima são posteriormente submetidos ao processo de extinção com quantidade de água limitada. Como resultado, obtêm-se um pó seco.

Na reação de endurecimento ocorre primeiramente a hidratação dos silicatos e aluminatos, ao ar ou em água, e posteriormente o processo de recarbonatação (COUTINHO, 2002). Conforme Kanan (2008) a recarbonatação consiste na combinação dos hidróxidos presentes na argamassa fresca com o CO_2 da atmosfera formando carbonatos e aumentando, por consequência, a resistência mecânica da argamassa.

Cabe destacar que a cal de origem magnesiana apresenta reação de hidratação mais lenta do que a calcítica. Além disso, sofre ataque do gás SO₂ em ambientes poluídos (KANAN, 2008).

Uma forma de obtenção de cal muito utilizada no litoral brasileiro a partir do século XVIII, inclusive em Santa Catarina, tinha como fonte a queima de conchas marinhas. A qualidade do produto resultante era comprometida pela presença de impurezas como o cloreto de sódio, altamente higroscópico (LEMOS, 1989 apud DENDIA, 2008). Em Florianópolis, especificamente, a cal era obtida a partir da queima do berbigão em caieiras, resultando num produto final com elevado teor de matéria orgânica.

A cal de conchas foi empregada na confecção de argamassas e tintas. Nas argamassas, especificamente, sua utilização resultou em problemas decorrentes da umidade cuja ação foi intensificada pela higroscopicidade das impurezas associadas às conchas marinhas.

2.3.3. Influência da cal nas propriedades das argamassas

Segundo Carasek (2007) a utilização de cal como aglomerante influencia na retenção de água, adesão inicial e plasticidade da argamassa. Isso se deve, entre outros fatores, a elevada superfície específica de suas partículas.

A retenção de água, que ocorre por conta da absorção e adsorção de água pelas partículas de cal, está relacionada à capacidade de a argamassa manter sua trabalhabilidade quando exposta a condições de perda de umidade, seja por evaporação em função das condições climáticas ou sucção por conta das propriedades do substrato. A retenção de água reduz a retração plástica e favorece a deformabilidade, o acabamento, resistência mecânica final e a durabilidade. Favorece também a aderência, pois argamassa a base de cal preenche de maneira mais completa a superfície de contato propiciando uma maior extensão de aderência sobre o substrato (CARASEK, 2007).

A adesão inicial é a capacidade que a argamassa possui em aderir ao substrato quando ainda no estado fresco. É função, sobretudo, da tensão superficial, que por sua vez, diminui com a utilização da cal como aglomerante. A diminuição da tensão resulta em um contato mais efetivo da pasta com superfície do agregado e do substrato, melhorando a adesão (CARASEK, 2007).

A plasticidade é definida como a propriedade que faz com que a argamassa permaneça deformada após a retirada das tensões de deformação. Um aumento na plasticidade resulta em uma maior capacidade de molhar o substrato e preencher as cavidades do mesmo, como consequência obtêm-se argamassas com superfície mais densa e com menos microfissuras (CARASEK, 2007). Outro resultado é o aumento da aderência medida por conta do maior travamento mecânico entre a argamassa e o substrato propiciado pelo aumento da plasticidade.

Carasek (2007) enfatiza ainda a combinação da cal com o CO₂ atmosférico na reação de carbonatação, chamada de reconstituição autógena, que atua no tamponamento de fissuras e, por consequência, proporciona um aumento da durabilidade.

Argamassas de cal também apresentam uma maior capacidade de difusão de vapor, bem como uma maior porosidade (POSSER, 2004) além de uma maior resistência a altas temperaturas (MOTTA, 2004).

Deve-se destacar que a reação de recarbonatação da cal em função do contato com CO₂ atmosférico é muito lenta. Em função disso, sua resistência é prejudicada.

A cal não deve ser usada como aglomerante/ligante, mas sim como uma adição capaz de conferir propriedades específicas a argamassa.

2.3.4. Cimento Portland

Aglomerante obtido a partir da mistura e moagem do clínquer juntamente com sulfato de cálcio, incorporado para regular a pega em teores que correspondem de 3% a 5% em massa. Eventualmente empregam-se adições tais como escórias, pozolanas e filer calcário. Estas adições possibilitam a variedade de opções de cimento atualmente

existentes no mercado, além de atuar ambientalmente através do aproveitamento de resíduos. Além do teor de adições, os tipos de cimento diferem entre si quanto à proporção de clínquer e sulfatos de cálcio e ainda quanto a propriedades específicas, elevada resistência inicial e resistência a sulfatos, por exemplo, (BATTAGIN, A.F.; BATTAGIN, I.L.S., 2010).

Segundo Battagin e Battagin (2010) o clínquer adicionado à moagem é obtido previamente num processo de calcinação de calcário e argila a uma temperatura de cerca de 1450 °C. Seus principais compostos são: silicato tricálcio (C_3S), beta-silicato dicálcio (C_2S), aluminato tricálcio (C_3A) e ferroaluminato tetracálcio (C_4AF). É a hidratação destes compostos que confere endurecimento as argamassas de cimento.

A alumina presente na composição do cimento quando em contato com sulfatos e em condições favoráveis (meio aquoso, presença de hidróxido de cálcio) dá origem a formação de etringita, com conseqüente degradação do revestimento de argamassa e/ou tinta aplicada.

2.3.5. Influência do cimento nas propriedades das argamassas

Para Kanan (2002) o cimento promove um endurecimento mais rápido das argamassas nas quais é empregado como ligante. Essas argamassas apresentam uma estrutura pouco porosa formada, predominantemente, por micro poros com maior força capilar e maior impermeabilidade favorecendo a retenção de umidade nas paredes. Confere rigidez (menor deformação) as argamassas, melhores valores de aderência e melhor resistência mecânica. Conforme Posser (2004) baixos teores de cimento reduzem a resistência à abrasão dos revestimentos tornando-os pulverulentos.

Posser (2004) destaca também a ocorrência de retração térmica e por secagem, em função da utilização de cimento, dando origem a fissuras que por serem caminhos preferenciais para a entrada de agentes agressivos reduzem a durabilidade do revestimento.

Outro fator determinante no cimento é o tamanho de suas partículas. O aumento da finura dos grãos favorece a trabalhabilidade e a retenção de água. Carasek (2007) afirma ainda que quanto mais fino o cimento, maior a resistência de aderência obtida, tanto em idades superiores a 6 meses (resistência final) quanto nas de 3 a 14 dias, principalmente (resistência inicial).

2.3.6. Agregados

Uma significativa proporção de agregados compõe as argamassas de revestimento. A incorporação desses materiais a mistura contribui para a redução dos custos, pois seu preço é bastante inferior em comparação ao ligante. Cabe destacar que a quantidade de agregado utilizado, por mais vantajosa que seja economicamente, deve ser também compatível com o desempenho desejado para o revestimento.

Segundo Posser (2004) as principais propriedades do revestimento afetadas pelas características dos agregados são a trabalhabilidade, retração por secagem e resistência á aderência. Deve-se considerar ainda o desempenho dos agregados em relação à resistência mecânica, porosidade, cor e textura do acabamento (KANAN, 2008).

Alguns parâmetros destacados por Kanan (2008) para a escolha dos agregados estão descritos abaixo:

- **Composição granulométrica:** deve ser uniformemente variada, isto é, conter partículas de diferentes tamanhos para reduzir os vazios existentes. Isso ocorre à medida que grãos menores preenchem os espaços entre os maiores favorecendo uma melhor distribuição do ligante. Misturas com partículas de maior dimensão têm sua trabalhabilidade prejudicada, enquanto argamassas com partículas uniformes, apesar de consumir mais água e ligante, são mais trabalháveis.
- **Forma:** superfícies rugosas e angulosas favorecem o contato ligante/agregado. Partículas arredondadas são vantajosas quanto à retração.

- O excesso de finos associado a areia (partículas com $\phi \leq 75$ mm) reduz a aderência do ligante ao agregado.
- Agregados porosos, como os produzidos a partir de concha, mármore, calcário e dolomito são recomendados quando se deseja aumentar a porosidade com o intuito de facilitar a entrada do CO_2 , auxiliando assim na carbonatação e, por consequência, melhorando o desempenho das argamassas.

2.3.7. Análise comparativa entre argamassas a base de cal e argamassas a base de cimento

Colleparidi (1990) apud Motta (2004) enfatiza a questão da compatibilidade do revestimento de argamassa com a superfície de vedação. Argamassas em contato com alvenaria em pedra podem dar origem à reação álcali agregado. No caso da utilização de pau-a-pique e elementos cerâmicos na vedação, há possibilidade de formação de etringita devido ao ataque por sulfatos eventualmente presentes na composição das argilas.

Kanan (2008) destaca a elevada plasticidade das argamassas e tintas a base de cal que amenizam o comportamento diferencial quanto às movimentações da estrutura. Por conta disso, apresentam muitas microfissuras enquanto argamassas com cimento em sua composição apresentam poucas aberturas, mas de maior dimensão, em virtude do endurecimento rápido e maior rigidez frente aos deslocamentos da estrutura.

As fissuras oriundas da movimentação diferencial entre o substrato e a argamassa constituem um caminho para entrada de agentes degradantes. Nas argamassas a base de cal, especificamente, a entrada de agentes agressivos é amenizada pela dissolução e posterior recristalização do hidróxido de cálcio que se deposita nas fissuras na forma de carbonato de cálcio acarretando no tamponamento das mesmas. Destaca-se ainda a ação do elevado volume de poros de grande dimensão existente nas argamassas de cal que impede a retenção e condensação da umidade. Também evita desagregação das alvenarias em virtude da cristalização dos sais no interior da parede, pois neste caso essa reação tende a ocorrer na superfície. Nas argamassas de

cimento, por sua vez, a saída de água é dificultada por conta da impermeabilidade e a absorção capilar é intensificada pela menor dimensão dos poros.

Argamassas de cimento são mais vantajosas no que se refere à resistência mecânica conferida pela a hidratação do cimento. Argamassas a base de cal apresentam uma menor resistência, que é função da reação de recarbonatação, processo muito lento.

2.3.8. Manifestações patológicas em argamassa

Seguem abaixo as manifestações mais frequentemente observadas nas argamassas de revestimento.

2.3.8.1. Eflorescências/Criptoflorescências

Eflorescências e criptoflorescências são reações expansivas relacionadas à cristalização de sais solúveis previamente dissolvidos e transportados pela água. O fenômeno pode ocorrer na superfície da argamassa ou no seu interior sendo denominado, respectivamente, eflorescência e criptoflorescência. Em regiões marinhas a ação de cloretos contidos no ar ou mesmo na água, absorvida por capilaridade, é particularmente importante.

2.3.8.2. Desprendimento

Lorenzetti (2010) atribui a ocorrência de desprendimentos à ação de umidade, eflorescência, vibração, espessura (camada muito espessa), composição (falta de aglomerante), existência de materiais argilosos expansivos e hidratação insuficiente. Segundo o autor, o desprendimento pode manifestar-se sob a forma de esfarelamento do reboco.

2.3.8.3. Fissuras

Schönardie (2009) atribui essa ocorrência a variações térmicas que geram alterações dimensionais cuja intensidade é função das propriedades do material e do gradiente de temperatura. O autor destaca

também a influência do teor de umidade, cujo variação provoca dilatação e contração do material. Em ambos os casos a fissuração só ocorre quando há restrições ao movimento da peça.

Schönardie (2009) cita ainda a ação de sobrecargas, fluência (deformação lenta do concreto) e recalques diferenciais.

2.4. Materiais: Tintas

Segundo Bezerra (2010), em substratos de argamassa submetidos à umidade o uso de tintas minerais, à base de cal, por exemplo, é mais adequado em comparação as tintas “plásticas”. Aplicadas sobre o revestimento, as tintas “plásticas” criam um filme sobre a superfície que impede que a água presente no interior da vedação e que tende a evaporar consiga sair. Dessa forma, a umidade fica retida danificando o revestimento gradativamente. Como resultado disso, temos as bolhas típicas das pinturas sintéticas aplicadas em substratos submetidos à umidade. Fazem parte desse grupo as tintas látex PVA e acrílica, entre outras.

Cabe destacar que as tintas látex PVA e acrílicas são prejudiciais a substratos submetidos a uma fonte interna de umidade, absorção capilar, por exemplo, onde a água tende a sair do interior da parede em direção a superfície. Quando a fonte de umidade é externa, precipitação, por exemplo, as tintas plásticas são mais eficientes em função de sua impermeabilidade e resistência a lavabilidade.

Uemoto (2007) também valoriza a importância da aplicação de tintas inorgânicas (a base de cal, cimento e silicatos alcalinos) em substratos de elevada umidade por conta da permeabilidade possibilitada pela inexistência de película de obstrução ao vapor d’água sobre a superfície.

Vale ressaltar que a utilização de aditivos tais como o óleo de linhaça, a caseína, a gordura animal (sebo), a mucilagem dos cactos, a água do sisal e o alume, entre outros, pode acarretar em diminuição da permeabilidade da pintura a base de cal (KANAN, 2008).

Apesar de serem mais lixiviáveis e, por consequência, menos duráveis por conta da ação da água, as tintas a base de cal são compatíveis com rebocos de argamassa de cal e cimento já que o pH de ambos os elementos de contato é alcalino. Tintas “plásticas” são ácidas, reagindo com a alcalinidade da cal e cimento quando sobre a superfície da argamassa, formando sais (VERÇOZA, 1991 apud LORENZETTI, 2010). O pH alcalino das tintas a base de cal também apresenta vantagem no que se refere ao combate à proliferação de fungos e outros micro-organismos. Entretanto, com o tempo, à medida que carbonatam tornam-se mais suscetíveis em função da diminuição do pH.

Bezerra (2010) trata ainda da ação dos raios ultravioleta que aliados a elevadas temperaturas acarretam em perda da elasticidade e enfraquecimento das tintas sintéticas. O calor também provoca dilatação diferencial de camadas sobrepostas.

Segundo Kanan (2008) a durabilidade da pintura a base de cal esta diretamente relacionada à granulometria (finura) de suas partículas, bem como do quão dissolvidas elas estão. A durabilidade cresce com a diminuição do tamanho das partículas e com o aumento de sua dissolução em virtude da maior penetração da tinta ao substrato poroso, de argamassa em geral.

2.4.1. Composição

O Programa Setorial de Qualidade – Tintas Imobiliárias, coordenado pela ABRAFATI (Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas) e o Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2013) definem como componentes básicos das tintas: resinas, solventes, pigmentos e aditivos.

A descrição e atuação de cada um desses componentes das tintas são descritas abaixo.

2.4.1.1. Resinas

Parte não volátil da tinta responsável por aglutinar as partículas do pigmento. Atuam sobre as propriedades mecânicas da argamassa,

resistência ao intemperismo e agentes químicos, aderência, etc. (UEMOTO, 2007).

As resinas são responsáveis pela formação da película sobre o substrato após a evaporação do solvente. As propriedades de brilho e secagem também são determinadas pelas resinas.

2.4.1.2. Solventes

Chamados de veículo volátil, os solventes atuam sobre a viscosidade das tintas e têm por função conferir a consistência ideal para aplicação. Tintas látex apresentam a água como solvente, enquanto as tintas a óleo e esmaltes sintéticos empregam solventes orgânicos (aguarrás, por exemplo). A escolha do tipo de solvente é função, dentre outros fatores, da solubilidade da resina.

Dentre as propriedades das tintas influenciadas pelos solventes citadas por Uemoto (2007) destacam-se a secagem, espessura e resistência à abrasão.

A evaporação do solvente em contato com o ar permite que ocorra a formação do filme sobre a superfície.

2.4.1.3. Pigmento

Partícula insolúvel que dá cor a tinta e proporciona cobertura. Presente sob a forma de pó, o pigmento é a parte sólida do conjunto e diferencia do corante, pois este é solúvel.

São partículas pequenas de dimensões variando, em geral, entre $0,1 \mu\text{m}$ e $5 \mu\text{m}^2$. Durabilidade e brilho são influenciados pelo teor de pigmentos que também podem conferir propriedades específicas tais como anticorrosividade (UEMOTO, 2007).

² $1 \mu\text{m}$ corresponde a um bilionésimo do metro, ou seja, 1×10^{-9} metros.

2.4.1.4. Aditivos

Os aditivos têm a função de conferir características específicas à tinta ou melhorar suas propriedades, sendo empregados em baixas concentrações. Como exemplo pode-se citar fungicidas, bactericidas, algicidas, antibolhas e secantes.

Uemoto (2007) afirma que os teores adicionados variam geralmente de 0,1% a 2%.

2.4.2. Manifestações patológicas em pinturas

Abaixo segue a descrição de algumas das principais manifestações patológicas que afetam os sistemas de pintura degradando-os.

2.4.2.1. Eflorescência

Precipitação de elementos solúveis lixiviados para fora do sistema de vedação pela ação da água, depositando-se sobre a superfície. Manifesta-se sob a forma de manchas e/ou deposições esbranquiçadas em função da existência de umidade no substrato ou pintura sobre reboco não curado (SHERWIN-WILLIAMS, 2013).

2.4.2.2. Descascamento

Desprendimento da tinta do substrato. Pode ocorrer em decorrência da aplicação de tinta sobre caiação, pois o contato da cal com a superfície não é pleno, por conta do pó que se deposita na interface entre os materiais. Além disso, a má diluição da primeira camada de tinta aplicada sobre o reboco também prejudica a aderência já que a tinta não consegue penetrar adequadamente no substrato. O descascamento pode ser causado ainda pela má preparação do substrato, existência de pó, por exemplo, e existência de umidade (SHERWIN-WILLIAMS, 2013).

2.4.2.3. Manchas

Alves (2010) afirma que são decorrentes da biodegradação resultante das ações de micro-organismos (colônias de fungos e bactérias, por exemplo) cujo desenvolvimento é favorecido em ambientes úmidos com pouca iluminação e ventilação. A coloração das manchas está vinculada ao tipo de micro-organismo presente.

Segundo Morton, 1990 apud Uemoto (2007) tintas látex acrílicas favorecem a biodegradação. Isso ocorre em virtude de sua maior porosidade que facilita a penetração de agentes agressivos (água, poluentes do ar, etc.) e pela maior quantidade de nutrientes oriundos de sua formulação.

No que se refere ao acabamento, Uemoto (2007) afirma que as tintas de textura rugosa e acabamento fosco têm sua biodegradação acelerada, pois facilitam o depósito de sujeira e materiais orgânicos. A autora destaca ainda que a biodegradação é maior quanto maior a permeabilidade a água no estado líquido que, por sua vez, é inversamente proporcional ao teor de resina na tinta. A permeabilidade ao vapor d'água, que cresce com a diminuição do teor de resina, permite um melhor desempenho da pintura quanto à ação dos micro-organismos.

2.4.2.4. Desagregamento

Desprendimento da pintura juntamente com a argamassa de reboco e/ou massa de nivelamento associado ao teor de umidade no substrato, em função da penetração positiva ou negativa de água³ ou aplicação de pintura sobre reboco mal curado. A destruição do sistema de pintura se manifesta sob a forma de esfarelamento (SHERWIN-WILLIAMS, 2013).

³ A penetração positiva se dá de fora para dentro do substrato sobre o qual a pintura foi aplicada, e a negativa de dentro para fora.

2.4.2.5. Bolhas

Podem se manifestar por conta da dilatação da pintura existente quando umedecida pela nova camada de tinta aplicada. Esse fenômeno ocorre em função da aplicação da tinta sobre outra muito antiga ou pela baixa qualidade da tinta já existente sobre o substrato. As bolhas também podem surgir pela pintura sem lixamento prévio e pela presença de pó na superfície, pois ambos prejudicam a aderência (SHERWIN-WILLIAMS, 2013).

Cabe destacar que o emprego de tintas que formam películas impermeáveis em elementos sujeitos a umidade de ascensão capilar, por exemplo, acarreta bolhas pela ação do vapor d'água que tenta sair do substrato.

2.4.2.6. Destacamento

Ocorre quando os sais lixiviados se depositam na interface entre a tinta e o substrato de argamassa, reduzindo a aderência (SCHÖNARDIE, 2009).

2.5. Condições favoráveis à degradação a degradação de revestimentos de argamassa e pintura

Umidade, salinidade e agentes biológicos são fatores determinantes quanto à degradação de revestimentos de argamassa e pintura. A descrição e atuação de cada uma dessas condições são expostas abaixo.

2.5.1. Umidade

À umidade, além de proporcionar sensação de desconforto aos usuários, está diretamente relacionada ao desencadeamento dos mecanismos de degradação dos revestimentos (argamassa/pintura) de edifícios, reduzindo o desempenho dos mesmos. Para Nappi (2002) isso se deve a dois fatores básicos: a sua ação como vetor de transporte de elementos dissolvidos (sulfatos e cloretos, por exemplo), promovendo o

contato e a ligação entre os mesmos, e a sua atuação nas reações químicas como reagente. Por conta disso, torna-se indispensável conhecer os parâmetros do revestimento que determinam o fluxo de entrada de água e também as fontes potenciais de umidade.

A seguir são apresentadas algumas fontes de umidade.

2.5.1.1. Umidade do solo

Para Nappi (2002) a umidade vinda do terreno pode ser oriunda do lençol freático ou do escoamento das águas superficiais, entrando na edificação predominantemente pelo mecanismo de absorção capilar. A quantidade de água absorvida e o nível de ascensão na parede são função, respectivamente, da evaporação junto à superfície da parede e da espessura da mesma.

A absorção capilar é função do diâmetro e da conectividade dos capilares, da viscosidade do fluido e da tensão superficial na parede dos poros. Quanto maior a espessura da parede, maior a quantidade de água absorvida em função da maior superfície em contato com o solo, e quanto menor a velocidade de evaporação, que é função das condições do ambiente (umidade relativa do ar, temperatura, velocidade do vento, incidência de luz, etc.), maior será a altura da mancha de umidade na parede.

Como consequência da presença de umidade temos a dissolução dos sais, constituintes dos materiais empregados ou contidos na água absorvida, que são lixiviados para a superfície da parede se cristalizando e causando o tamponamento dos poros. Em virtude disso, a evaporação é diminuída e a altura da água na parede aumenta (NAPPI, 2002).

Nappi (2002) traz os sintomas decorrentes da umidade oriunda do solo. São eles: manchas (de bolor, por exemplo), zonas erodidas, criptoflorescências, eflorescências, vegetação parasitária, entre outros. Os sintomas variam conforme a origem da umidade. Para o lençol freático têm-se manchas uniformes em todas as paredes e continuas ao longo do ano, com alturas mais altas na parede interna menos suscetível a evaporação. Para água superficial as manchas variam conforme a

parede e a época do ano sendo mais altas na parede externa, em contato direto com a água em escoamento.

Outro fator diretamente relacionado ao fenômeno de ascensão capilar é a impermeabilização, procedimento corrente atualmente, mas pouco adotado em edificações antigas.

2.5.1.2. Umidade da Atmosfera

a) Umidade de Precipitação

Para Nappi (2002) existem duas principais formas da água de precipitação entrar na superfície: de forma direta ou por gravidade. Na penetração de forma direta a água da chuva entra no substrato através de falhas (fissuras), juntas mal seladas, esquadrias não vedadas adequadamente, etc. A ação da gravidade, por sua vez, ocorre em virtude da pressão oriunda do vento que impulsiona a água que escorre pela superfície contra o substrato, ou pelo fenômeno de sucção capilar que é função da natureza dos materiais.

Defeitos nos elementos construtivos de drenagem (calhas) e proteção (telhas) são destacados por Schönardie (2009) como contribuintes para entrada da umidade de precipitação.

Os sintomas desse processo englobam o aparecimento de manchas na face interna das paredes externas, bolores, criptoflorescências e eflorescências por conta da lixiviação e precipitação de sais, entre outros (NAPPI, 2002).

b) Umidade de Condensação

A condensação é função do limite de saturação, isto é, da quantidade máxima de vapor d'água presente no ar. Esse limite é diretamente proporcional à variação de temperatura, sendo menor quando a mesma diminui, e inversamente proporcional à umidade relativa, sendo menor quando a mesma está em níveis elevados (NAPPI, 2002).

Schönardie (2009) associa esse fenômeno aos ambientes de baixas temperaturas e pouca ventilação em que o vapor d'água existente se condensa, pois não há circulação de ar suficiente para secar a superfície das paredes. Como exemplos têm-se os subsolos e peças enterradas em geral.

No Brasil, particularmente, ocorre com mais frequência e intensidade nos revestimentos voltados para o sul onde a incidência de radiação é nula, diferentemente das outras orientações (LORENZETTI, 2010).

2.5.1.3. Umidade de Construção

Tem origem nos processos de confecção dos materiais e componentes da construção, bem como na ação da água da chuva a qual a edificação está mais susceptível na fase de construção (NAPPI, 2002). Como exemplo, pode-se citar a água de amassamento empregada na confecção das argamassas, a água utilizada na preparação do substrato para receber o revestimento, entre outras.

Schönardie (2009) também inclui neste grupo a água proveniente de vazamentos em reservatórios e canalizações.

2.5.1.4. Mecanismos de transporte de umidade

O deslocamento de água entre o interior de um material e o ambiente externo acarreta em tensões de expansão e retração em função do aumento e diminuição do teor de umidade, respectivamente, sendo esse fenômeno chamado por Posser (2004) de movimentação higroscópica. O autor destaca que a ocorrência de variação volumétrica causa fadiga nos materiais.

Os mecanismos de transporte de umidade variam conforme o estado físico em que a água se encontra. Quando no estado líquido, sua movimentação pode se dar por capilaridade, pela ação da força gravitacional ou por gradientes de pressão. Quando na forma de vapor d'água, seu deslocamento pode ocorrer por meio de difusão ou convecção (LERSH, 2003). Segundo o autor, o estímulo à

movimentação ocorre em virtude da tendência da água se distribuir uniformemente por todo o material.

O processo de difusão, muito importante na evaporação da água absorvida por uma argamassa, se estabelece quando existir um material exposto a ambientes com diferentes umidades relativas e, por consequência, gradientes de pressão de vapor. A difusão se dá pela movimentação de vapor d'água através do material a partir da região com maior teor de umidade para o ambiente menos úmido, cessando no momento em que se atinge o equilíbrio entre as partes (PÁSCOA, 2012).

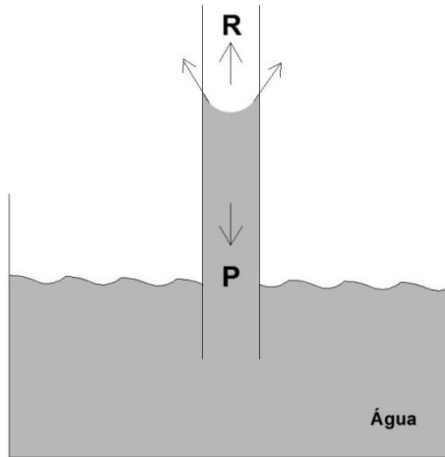
Quando a movimentação de vapor d'água se estabelece por movimentação do fluido temos o fenômeno de convecção.

Cabe destacar que a resistência frente à movimentação de vapor d'água varia conforme o tipo de material constituinte da edificação.

Quanto à capilaridade, Lersh (2003) afirma que o processo ocorre nos espaços microscópicos existentes no interior dos materiais. Estes são chamados de capilares quando se apresentam de forma aberta, e poros quando se ocorrem fechados.

A absorção capilar, representada na Figura 6 abaixo, se dá quando a interação entre o material que forma o interstício e a água for maior que a coesão do líquido. A superfície da água em contato com o ar apresenta-se côncava em virtude da tensão superficial do líquido. Essa curvatura dá origem a uma resultante contrária ao peso da coluna d'água e maior que a pressão do ar existente no interior do capilar. O líquido, então, desenvolve movimento ascendente enquanto a pressão capilar (grandeza oriunda da diferença entre as pressões da fase líquida e gasosa) for maior que o peso de água e cessa quando as intensidades dos vetores se igualarem estabelecendo o equilíbrio (Rato, 2006 apud Páscoa 2012).

Figura 6 – Absorção capilar



R: Resultante da tensão superficial;

P: Peso da coluna d'água;

Fonte: Adaptado de Páscoa, 2012.

Lersh (2003) cita ainda a umidade por infiltração, que é resultante da ação da pressão do vento sobre a água da chuva. Atua, por exemplo, sobre aberturas existentes nas fachadas das edificações. A gravidade por sua vez, atua sobre laminas d'água acumuladas em superfícies planas, entre outros.

2.5.2. Salinidade

As propriedades dos sais determinantes para avaliar o quão prejudiciais estes serão aos materiais construtivos são a solubilidade e a higroscopicidade (NAPPI, 2002).

Os sais podem ser classificados, quanto ao seu comportamento em contato com a água, em solúveis e não solúveis. Os solúveis são aqueles que têm sua estrutura cristalina desfeita quando imersos em água, já os insolúveis não alteram significativamente a disposição das moléculas que os constituem em contato com a água não sendo prejudiciais aos materiais porosos.

Outra importante propriedade dos sais a se destacar é a higroscopicidade. Segundo Kanan (2008), sais higroscópicos são aqueles capazes de adsorver com facilidade a umidade do ar, dissolvendo-se, podendo assim ser identificados sob a forma de manchas de umidade na parede.

Outra classificação atribuída aos sais depende da presença ou não de água em sua composição. Sais com moléculas de água em seus retículos cristalinos são chamados de hidratados. Se a água não estiver presente são chamados de anidros (NETTO, 1995 apud POSSER, 2004).

De modo geral, os autores consultados afirmam que os principais sais degradantes são os cloretos, sulfatos e nitratos. Rodrigues (2004) destaca a particular capacidade destrutiva do sulfato de sódio, justificada pela sua baixa solubilidade e mobilidade e sua elevada expansão em comparação a outros sais. Já Posser (2004) destaca a elevada higroscopicidade do cloreto de sódio.

Nappi (2002) apresenta as principais fontes de origem dos sais. Entre elas, temos:

- Os materiais empregados na construção tais como o cimento Portland, areias, tijolos cerâmicos, aditivos e a própria água de amassamento, entre outros. O autor destaca que a ação isolada desta fonte geralmente não causa danos significativos. Nappi (2002) afirma que Íons cloreto podem ter sua origem no cimento empregado na argamassa de revestimento e/ou assentamento, na água utilizada no amassamento e ainda nos aditivos aceleradores de pega. O autor afirma ainda que sulfatos de potássio, sódio, cálcio e magnésio tem origem em tijolos cerâmicos contaminados, sendo resultado da transformação da pirita (FeS_2) presente na argila após o cozimento;
- Nas atmosferas urbanas, o dióxido de enxofre (SO_2), resultante da queima dos combustíveis, em contato com a água dá origem ao ácido sulfúrico (H_2SO_4). Este, reage com o carbonato de cálcio (CaCO_3) presente nos revestimentos de argamassa e pintura a base de cal resultando em sulfato de cálcio. As atmosferas marinhas, onde o ar contém cloretos que

transportados pelos ventos podem atingir as fachadas das edificações, também contribuem (NAPPI, 2002);

- Solo e o lençol freático são destacados como fontes de contaminação. Águas salobras e águas do mar contêm teores significativos de sais. Segundo Nappi (2002), as águas marinhas embora não atuem diretamente sobre as edificações, tem ação significativa quando as construções são erguidas sobre aterros em regiões onde anteriormente havia mar. Dessa forma, o solo de base contém elevadas concentrações de sais que, por capilaridade, atingem fundações e alvenarias. Em ambientes marinhos os sais podem ser transportados por meio da névoa salina até a edificação, ou então absorvidos por capilaridade dissolvidos na água, no caso de construções sobre aterros. Segundo Nappi (2002) a água do mar tem como íons principais os cloretos com 2,00 % e os sulfatos com 0,28%. Os sais dissolvidos mais representativos são: NaCl (78%); MgCl₂ e MgSO₄ (15%).

Os sais dispersos em água prejudicam os sistemas de alvenaria, vedação e pintura à medida que se cristalizam. Conforme a região onde ocorre a cristalização, podemos ter os fenômenos de eflorescência e criptoflorescência. O primeiro, segundo Rodrigues (2004), se dá na superfície do revestimento causando danos estéticos e pode ser facilmente removido com escovagem ou lavagem , já o segundo pode ocorrer na interface alvenaria/revestimento ou no interior da argamassa e resulta em deterioração dos materiais.

Posser (2004) e Rodrigues (2004) discorrem a respeito da criptoflorescência, fenômeno resultante de um processo cíclico de secagem e umedecimento do substrato que é função da relação entre a umidade relativa de equilíbrio da solução existente nos poros e a umidade relativa ambiente. Quando a umidade externa for suficiente para que ocorra a evaporação da água interna ocorrerá precipitação dos sais com conseqüente aumento do volume dos mesmos gerando tensões expansivas, desagregação da argamassa e prejuízos ao comportamento mecânico quando essas tensões forem maiores que a resistência à tração do material. Segundo Rodrigues (2004) a hidratação dos sais com conseqüente modificação da forma cristalina também gera tensões

internas expansivas. Posser (2004) afirma que os cristais também expandem com a elevação da temperatura.

Arnold e Zehnder (1990) apud Posser (2004) constataram que quanto menor a umidade relativa ambiente maior a incidência de criptoflorescência em relação à eflorescência. Para umidades relativas maiores ocorre o inverso.

Rodrigues (2004) destaca que a ação dos sais é particularmente prejudicial em edificações históricas por conta da função estrutural de algumas alvenarias. Nesse contexto, argamassa e pintura atuam como camadas de sacrifício para preservação da alvenaria. O autor afirma ainda que o teor de sais e a umidade ascensional são intensificados nessas edificações em função da porosidade e da natureza hidrófila dos componentes empregados.

2.5.3. Agentes biológicos

A biodeterioração dos componentes empregados nas edificações ocorre em função da ação dos organismos vivos, sejam eles animais ou vegetais, podendo ser identificadas, conforme Bianchini (1999), por manchas escuras que se manifestam nos materiais.

Braga (2003) destaca a ação de animais de médio porte como os cães que, juntamente com o ser humano, atuam na degradação por conta da ação ácida da urina. Allsopp (1986) apud Lersh (2003) citam alguns agentes atuantes dividindo-os em quatro categorias: bactérias, fungos, algas e líquens que constituem os micro-organismos, vegetação, insetos e animais de pequeno porte.

Quanto aos micro-organismos, os fungos, especificamente, liberam substâncias de natureza ácida que, quando em contato com o revestimento argamassado, dissolvem os aglomerantes resultando em desagregação (BIANCHINI, 1999). Sua ação, além de reduzir o desempenho dos materiais também prejudica o bem estar dos usuários da edificação (LERSH, 2003).

Os autores, de modo geral, convergem quanto à afirmação de que fungos e bactérias não se estabelecem quando não há as condições básicas para o seu desenvolvimento que, conforme Bianchini (1999) são

três: temperatura na faixa entre 10 e 30 °C, umidade elevada (acima de 75%) e disponibilidade de alimento, como os sais que compõe os materiais construtivos e matéria orgânica. Em razão disso, Bianchini (1999) afirma que os fungos se fixam nas fachadas mais úmidas da edificação, pois a maioria destes consome a umidade oriunda do substrato para o seu desenvolvimento. Os fungos também podem utilizar a umidade que provém do ar, entre outras fontes.

A contaminação por fungos, segundo Lersh (2003) manifesta-se gradualmente por meio de manchas, mofo, bolor e apodrecimento (madeira).

Algas e líquens, segundo Lersh (2003) atuam formando camadas escorregadias sobre as superfícies. As algas, especificamente, podem ter sua natureza identificada conforme a coloração em que se manifestam.

O Quadro 1 que segue abaixo apresenta o resultado da ação destrutiva dos produtos do metabolismo de diferentes micro-organismos sobre a superfície dos materiais.

Quadro 1 - Consequências da ação de diferentes micro-organismos

Micro-organismo	Produto do metabolismo	Consequência na superfície
Bactérias	Ácidos inorgânicos	Dissolução e coloração
Fungos	Ácidos orgânicos	Fragilização mecânica e coloração
Algas	Ácidos orgânicos	Retenção de água e dissolução mineral
Líquens	Ácidos orgânicos	Aumento de porosidade e ataque químico

Fonte: Gaylarde, 2000 apud Lersh, 2003

No que se refere à vegetação, Bianchini (1999) cita a ação do limo que em razão da pressão exercida por suas raízes nos poros do revestimento de argamassa resulta em desagregação do mesmo, além de manchas.

Lersh (2003) atenta que só há desenvolvimento de vegetação onde existir substrato e nutrientes adequados para isto. O autor destaca algumas ações prejudiciais da vegetação sob a edificação tais como: intensificação da retenção de água pelos componentes nos quais está aderida, redução da iluminação e ventilação, entupimento de sistemas de escoamento, fissuras no reboco e, eventualmente, na alvenaria. Conforme a dimensão e o alcance de suas raízes, a vegetação também pode atuar nas fundações afetando a estabilidade do conjunto.

Os insetos, segundo Bianchini (1999), atuam sobre materiais inorgânicos como pedras e argamassas. Braga (2003) fala sobre a ação dos insetos xilófagos, popularmente conhecidos como cupins, que agem sobre as propriedades mecânicas das madeiras reduzindo sua resistência. Os insetos, mas especificamente as formigas, também podem ocasionar danos estruturais e rebaixamentos de pisos por conta de recalques resultantes das galerias que desenvolvem no solo sob as edificações (LERSH, 2003).

Quanto aos animais de pequeno porte, Allsopp (2000) apud Lersh (2003) cita os morcegos, pombos e roedores. Esses últimos prejudicam, principalmente, as tubulações e eletrodutos que formam, respectivamente, as instalações hidráulicas e elétricas. De modo geral, as aves degradam as fachadas quebrando seus elementos decorativos, sujando e provocando reações nos materiais de construção pela ação de suas fezes. Além disso, resultam na quebra de telhas e obstrução de calhas nos telhados por conta de seus excrementos e penas. Braga (2003) destaca ainda a participação dos pombos na biodeterioração em virtude da agressividade de seu excremento.

2.6. Ensaios de caracterização das argamassas e pinturas

Com o intuito de aumentar a confiabilidade dos diagnósticos a cerca das manifestações patológicas, bem como aprofundar a análise torna-se interessante à execução de ensaios de caracterização, quando possível.

Em substratos revestidos de argamassa e pintura submetidos à ação da umidade e possível presença de sais os seguintes ensaios são pertinentes: Permeabilidade ao Vapor D'água, para verificar o tempo de

permanência da água no substrato; Absorção Capilar, para quantificar a umidade absorvida; e resistência aos sais, para observar qual o nível de degradação resultante da ação destes.

Sabendo que o desempenho da argamassa e da tinta está diretamente relacionado à composição de cada um destes sistemas, ensaios que forneçam a natureza dos materiais que compõe os revestimentos se tornam interessantes, sobretudo em edificações históricas onde as informações quanto aos materiais empregados nem sempre estão disponíveis. Nesse contexto, temos a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) que fornece informações quanto à microestrutura dos materiais e a Espectrometria de Energia Dispersiva de Raios-X (EDX) que auxilia na determinação da composição dos revestimentos, entre outros.

Em construções históricas onde podem existir restrições quando a retirada de amostras, ensaios não destrutivos que forneçam, por exemplo, a profundidade de alteração das argamassas são relevantes. Podem-se destacar: Termografia infravermelha, Eco impacto, Radar de sub-superfície, entre outros.

Por limitação de tempo, os ensaios referidos acima não foram executados.

2.6.1. Permeabilidade ao vapor d'água

Bianchini (1999) e Posser (2004) utilizaram as recomendações da norma alemã DIN 52615 (1987) como referência para os procedimentos adotados no ensaio para o qual foram extraídos corpos-de-prova cilíndricos com dimensão de 100x20 mm.

O procedimento consiste em utilizar a argamassa como plano divisor entre dois ambientes com diferentes umidades, forçando assim que se instale um fluxo de vapor d'água através da amostra para reestabelecer o equilíbrio. Pra tanto, as argamassas são apoiadas sobre um frasco contendo sílica gel, a mesma faz com que uma das faces da argamassa esteja submetida a uma umidade bastante reduzida. A outra

extremidade fica exposta as condições ambientes. Após as 24h de execução do ensaio obtém-se uma massa final maior do que a inicial devido à condensação da água na face em contato com o frasco, que indica fluxo de vapor em direção ao interior do mesmo.

Informações quanto ao peso inicial das amostras e o peso após 24h, os instantes de pesagem e dados referentes à geometria do corpo de prova permitem obter o coeficiente de resistência à difusão de vapor.

Quanto às dimensões dos corpos de prova empregados no ensaio, deve-se atentar quanto ao impacto visual que seu diâmetro pode gerar na fachada ou paramento interno da edificação, aspecto particularmente importante em construções históricas. A espessura das amostras é limitada pela profundidade da camada de argamassa utilizada no reboco.

2.6.2. Absorção de água por capilaridade

A determinação da absorção de água por capilaridade deve seguir os procedimentos indicados na NBR 9779/95, que estão abaixo resumidos.

Devem-se levar os testemunhos à estufa a temperatura de $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ até a constância de massa para a determinação de seu peso seco, lembrando que as pesagens devem ser efetuadas após o resfriamento dos corpos de prova. Recomendam-se no mínimo três amostras por grupo analisado.

Posteriormente, as amostras poderão ser colocadas no recipiente de ensaio que deverá conter uma lâmina d'água constante de 5 mm, admitindo variação de até 1mm para mais ou para menos.

As medições dos pesos úmidos devem ser realizadas em intervalos de: 3h, 6h, 24h, 48h e 72h, enxugando com pano úmido a face em contato com a água. Por fim, o rompimento do corpo de prova permite avaliar a distribuição de umidade na amostra.

As dimensões dos corpos de prova, que variam em função do material (concreto ou argamassa) e da dimensão do agregado utilizado, devem seguir as recomendações da NBR 9779/95.

A absorção é obtida dividindo a massa de água absorvida pela área da seção em contato com a água.

2.6.3. Resistência aos sais

Bianchini (1999) e Posser (2004) utilizaram como referência para a determinação da resistência aos sais os procedimentos adotados no caderno de recomendações alemão WTA 2-2-91 (1995), que trata dos sistemas de rebocos de recuperação.

Primeiramente deve-se dosar a solução de sais cuja proporção é de 35g de NaCl, 5g de Na₂SO₄ e 15g de NaNO₃ para cada litro do preparo. Posteriormente colocam-se as amostras dentro de um recipiente contendo 5 mm da solução preparada. Cabe destacar que os elementos ensaiados deverão ser previamente secos em estufa a temperatura de (105 ± 5) °C até a constância de massa, impermeabilizados lateralmente e, quando colocados dentro da solução, não se recomenda o contato direto com o fundo do recipiente. Para tanto podem ser utilizadas camadas de papel filtro (três, no caso) como suporte.

Deve-se observar se após 10 dias em contato com a solução salina há ou não manchas de umidade na face livre do corpo de prova.

Em ambos os casos a umidade relativa em que os autores realizaram o ensaio variou de 23% a 65%.

2.7. Técnicas de Restauração

A seguir são apresentadas algumas importantes técnicas de restauração em substratos submetidos à umidade e a ação de sais.

2.7.1. Umidade Ascendente

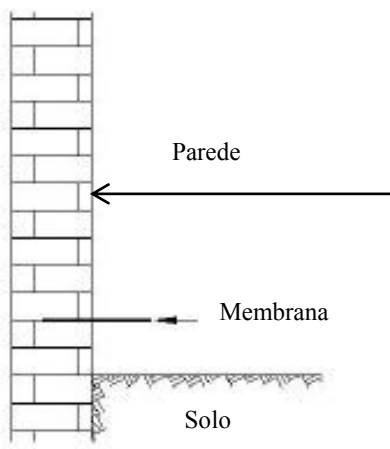
Braga (2003) divide os métodos para combate a umidade ascendente em alvenarias em três grupos: barreira física, barreira química e sistema de drenagem.

2.7.1.1. Barreiras físicas

Segundo Magalhães (2008) a introdução de barreiras físicas consiste na remoção da alvenaria original para introdução de elementos impermeáveis. Esses elementos podem ser o próprio material retirado envolto por manta asfáltica e novamente assentado, agora com argamassa contendo aditivo impermeabilizante (POSSER, 2004).

Pode-se inserir também membrana betuminosa (Figura 7), placa de chumbo e chapas onduladas de aço inoxidável com o uso de serras manuais ou mecânicas (fio helicoidal) e martelo pneumático. Ambos apresentam o inconveniente de provocar vibrações. O martelo pneumático, especificamente, tem seu uso restrito a alvenarias com junta contínua e o fio helicoidal só é aplicável a alvenarias com acesso pelos dois lados. (MAGALHÃES, 2008).

Figura 7 - Introdução de membrana



Fonte: Magalhães, 2008.

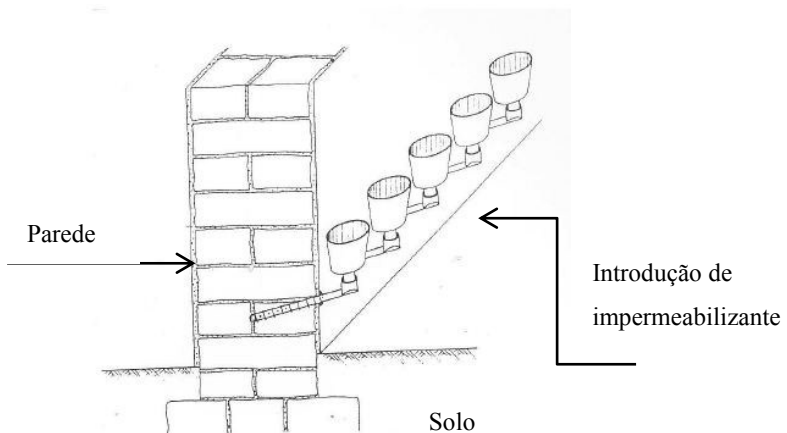
A inserção de produto impermeabilizante na porção de alvenaria também pode ser feita através de furações sucessivas efetuadas previamente. Braga (2003) afirma que a série alinhada de furos deve ser realizada em duas etapas para garantir a estabilidade do conjunto. Essa prática de carotagens sucessivas é descrita também por Magalhães (2008) como Método de Massari.

Bianchini (1999) destaca que esta solução é eficiente no que se refere à introdução ou evolução da umidade ascensional, mas não atua sobre as regiões onde o problema já está instalado.

2.7.1.2. Barreiras químicas

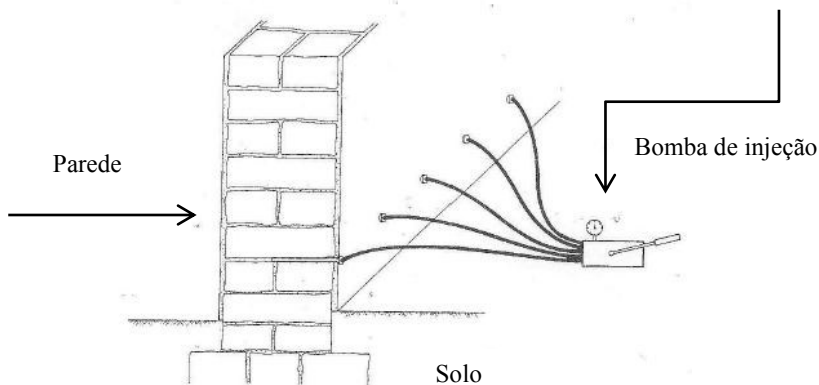
São séries de furos realizados na porção de alvenaria para a introdução de produtos impermeabilizantes como silicones e resinas, por difusão/gravidade (Figura 8) ou, como mostra a Figura 9, sob pressão (MAGALHÃES, 2008). Torres (1998) apud Posser (2004) destaca que a pressão de aplicação deve ser limitada para não romper os materiais.

Figura 8 - Aplicação de impermeabilizante por gravidade



Fonte: Henriques, 1995 apud Braga, 2003.

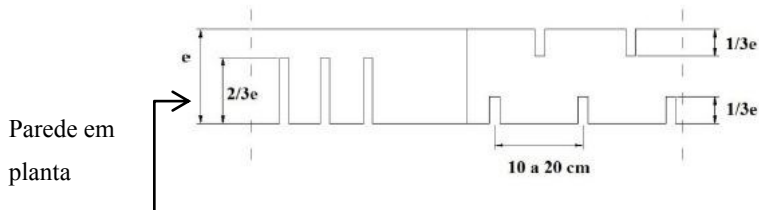
Figura 9 - Aplicação de impermeabilizante sob pressão



Fonte: Henriques, 1995 apud Braga, 2003.

Braga (2003) estabelece as características das perfurações (Figura 10), que devem ser constituídas por furos alinhados distante entre si de 10 a 20 cm e com profundidade correspondente a $2/3$ da espessura da alvenaria. Em paredes de grande espessura a perfuração pode ser efetuada desalinhadamente em ambos os lados com profundidade correspondente a $1/3$ da espessura (MAGALHÃES, 2008).

Figura 10 - Disposição dos furos para impermeabilização



Fonte: Magalhães, 2008.

Quanto à natureza dos materiais empregados, Magalhães (2008) divide-os em tapa-poros e hidrófugos. O primeiro grupo atua na

colmatação dos vazios, já o segundo tem ação hidro-repelente por meio da modificação das propriedades da superfície dos poros (ângulo de contato, tensão superficial, etc.).

Coleman (2003) destaca a importância da impregnação da substância escolhida nas juntas da alvenaria (preenchidas com argamassa ou não) que constituem a única passagem contínua para ascensão da água.

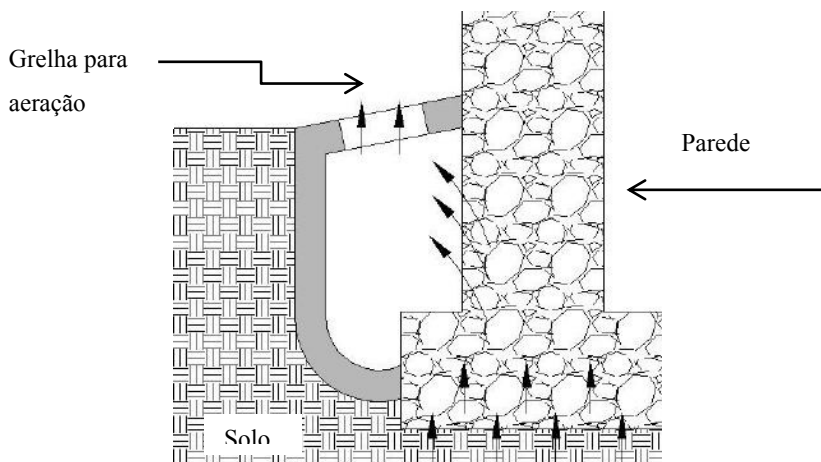
2.7.1.3. Sistemas de drenagem

Conforme Braga (2003) consistem em valas dispostas em um ou ambos os lados da parede (interna e externamente) com a devida declividade para escoamento da água.

Magalhães (2008) afirma que as valas podem ser executadas sem ou com enchimento de material granular de graduação variável. Neste último caso, contribuem para a drenagem da água que se movimenta lateralmente em direção à fundação, mas não favorecem a evaporação da umidade presente na alvenaria. A Figura 11 a seguir mostra o esquema de uma vala sem enchimento já executada.

Além da canaleta para drenagem no fundo da vala a mesma deve possuir superficialmente grelhas para a ventilação (MAGALHÃES, 2008).

Figura 11 - Valas de aeração



Fonte: Magalhães, 2008.

2.7.2. Sais

As alternativas a seguir para combate aos sais foram extraídas de Braga (2003).

2.7.2.1. Método tradicional

Este método consiste na retirada da porção de argamassa comprometida, identificada pela mancha de umidade resultante da adsorção de água pelos sais higroscópicos. Posteriormente, a junta de argamassa de assentamento, quando existir, deve ser raspada cerca de 3 cm e a alvenaria deve ser limpa por escovação sucessivas vezes intercaladas por molhagem da mesma.

2.7.2.2. Tratamento químico

Sabe-se que a combinação de dois sais solúveis pode originar um sal insolúvel que, após certo tempo, deposita-se sob a forma de precipitado. Baseando-se nesse princípio, o tratamento químico consiste na deposição de sais contidos em spray ou tinta sob o revestimento de

argamassa para que reajam com os sais existentes dando origem ao precipitado insolúvel.

O autor destaca que a eficácia do método esta condicionada a quantidade de sal aplicada que deve ser idêntica ao teor previamente detectado na parede.

Cabe ressaltar que, segundo Bianchini (1999), este método só atua sobre os sais existentes nas camadas mais superficiais do revestimento.

2.7.2.3. Aplicação de hidrofugantes

No processo de cura das argamassas os hidrofugantes, que são substâncias com a capacidade de repelir a água, impedem a movimentação de sais, entretanto, prejudicam a aderência da argamassa a alvenaria.

2.7.2.4. Uso de compressas

O autor destaca que, em virtude do elevado custo deste método, sua aplicação não é usual em argamassa de reboco, mas sim em superfícies de menor dimensão como esculturas ou relevos de pedra.

A aplicação de mantas de celulose mantidas úmidas faz com que os sais sejam liberados do revestimento por osmose (diferença de concentração).

2.7.2.5. Sistema eletro-físico

Neste sistema dois eletrodos são instalados, um negativo, na base da alvenaria, e outro positivo. O fornecimento de corrente elétrica, que é possibilitado por meio da ligação do conjunto a rede elétrica da edificação, faz com que se estabeleça um campo elétrico entre os eletrodos. Desse modo, a extremidade positiva envolta em uma membrana semipermeável atua na atração e armazenamento dos sais presentes no revestimento. O eletrodo negativo, por sua vez, atua como

uma barreira que impede o avanço da umidade ascendente sobre a alvenaria.

O autor destaca que, quando saturados, os eletrodos devem ser substituídos.

2.7.3. Argamassas de recuperação e sacrifício

As argamassas de recuperação se diferem das argamassas convencionais, sobretudo em relação à porosidade e permeabilidade, sendo indicadas, segundo Posser (2004), para alvenarias submetidas à umidade na presença de sais solúveis.

Conforme Posser (2004), nos sistemas convencionais os sais podem se cristalizar dentro da argamassa (criptoflorescência) gerando tensões expansivas nas paredes dos poros com conseqüente desagregação da mesma, ou na superfície da argamassa (eflorescência) ocasionando descolamento da película de tinta aplicada. Nas argamassas de recuperação a cristalização, que só é permitida no interior da argamassa, não causa desagregação da mesma, pois o maior tamanho dos poros permite que os sais se cristalizem sem gerar tensões expansivas.

A cristalização dos sais no interior das argamassas de recuperação é permitida, pois a mesma apesar de reter água e sais em seu interior é permeável ao vapor d'água. Desta forma, à medida que a água sai na forma de vapor, o revestimento seca gradualmente e os sais presentes nos poros ali permanecem como inertes sem prejudicar a argamassa ou o substrato (ARENDDT, 1995 apud POSSER, 2004).

Os revestimentos de recuperação podem ser estruturados a partir das camadas de chapisco, emboço e reboco de recuperação, ou apenas chapisco e reboco de recuperação. A utilização ou não do emboço, bem como sua espessura, está condicionada ao teor de sais presentes e a necessidade de regularizar o substrato antes da aplicação do revestimento final (reboco). A utilização do emboço é mais eficiente mesmo para baixos teores de sais, pois aumenta a altura de sucção da água por capilaridade evitando que a cristalização de sais ocorra na interface entre a argamassa e o substrato de alvenaria causando danos a ambos (ARENDDT, 1995 apud POSSER, 2004).

As argamassas de recuperação, segundo Nappi (2002), são produtos industrializados que exigem apenas o acréscimo de água antes da aplicação, apresentando composição distinta conforme a camada (emboço, reboco ou chapisco). Além dos materiais usuais, também contém incorporadores de ar e hidrofugantes que permitem um comportamento diferenciado em relação às argamassas convencionais quando em contato com sais e umidade. Segundo o autor, a utilização de misturadores para a incorporação de ar é bastante eficiente.

No que se refere às argamassas de sacrifício, que tem como principal função sacrificar o reboco protegendo o substrato, vale ressaltar que esta não é uma solução isolada, isto é, o procedimento só é eficaz quando o agente degradante é eliminado previamente.

De modo geral, deve-se atentar quanto à compatibilidade química, física e mecânica entre os materiais originais e os empregados na recuperação dos revestimentos.

3. Estudo de caso: Diagnóstico das manifestações patológicas no prédio da antiga Alfândega de Florianópolis

3.1. Metodologia

O objeto de estudo deste documento é a Casa da Alfândega erguida entre os anos de 1874 e 1876, localizada no centro da cidade de Florianópolis.

O trabalho inicial se concentrou em consultas bibliográficas que forneceram subsídio a realização do estudo. Posteriormente, foram obtidos os registros históricos junto aos órgãos competentes referentes às intervenções até então realizadas, materiais e técnicas empregados, além das informações colhidas através de entrevistas informais com os técnicos responsáveis por vistorias na edificação. Tendo conhecimento disso, parte-se para a etapa de levantamento das manifestações patológicas.

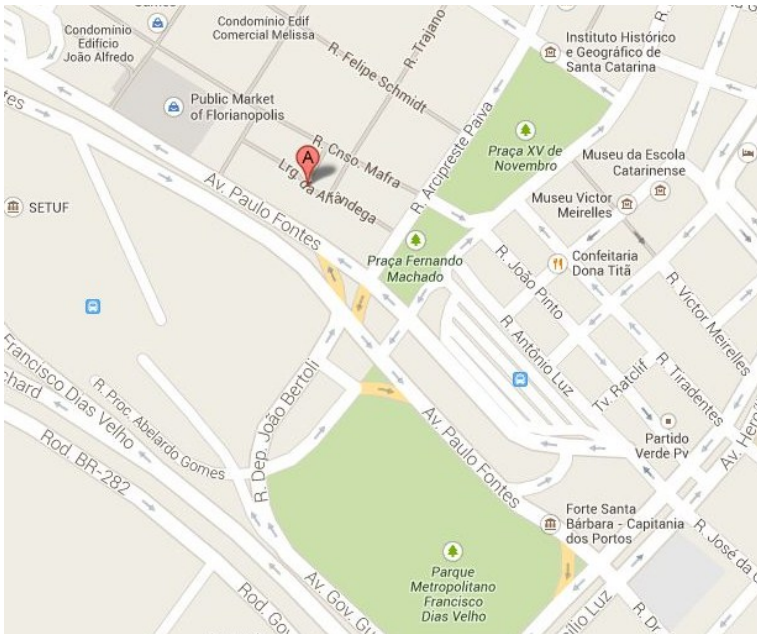
Nesta fase, foi necessária a realização de aferição visual com obtenção de registros fotográficos, além de outras análises sensoriais pela utilização do tato, audição e olfato. Em seguida deve-se iniciar análise propriamente dita, pela exposição das causas e mecanismos de ocorrência de cada anomalia, comparando os resultados obtidos com o exposto nas fontes bibliográficas consultadas previamente.

Enfim, se poderá propor e justificar a intervenção mais adequada para solucionar e/ou evitar as manifestações patológicas observadas na edificação.

3.2. Localização

Popularmente conhecida como Casa da Alfândega o patrimônio localiza-se na Rua Conselheiro Mafra, número 141, no centro da cidade de Florianópolis (Figura 12). A edificação é de propriedade de Fundação Catarinense de Cultura - FCC.

Figura 12 - Região central de Florianópolis



Fonte: Google Maps

3.3. Uso atual

Atualmente abriga o setor de arqueologia do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional- IPHAN e a procuradoria federal (PF) em seu pavilhão central e a loja de venda de artesanato “*Casa da alfândega*” da Fundação Catarinense de Cultura na ala oeste. Na ala leste, desativada no momento, funcionava a sede da Associação Catarinense de Artistas Plásticos – ACAP.

Para o ano de 2014 estão previstas obras do PAC – Programa de Aceleração do crescimento do governo federal orçadas em quase 1 milhão de reais (R\$ 150.000 para projeto e R\$ 800.000 para obras) para restauração da Casa da Alfândega e formação da Casa do Patrimônio neste mesmo edifício.

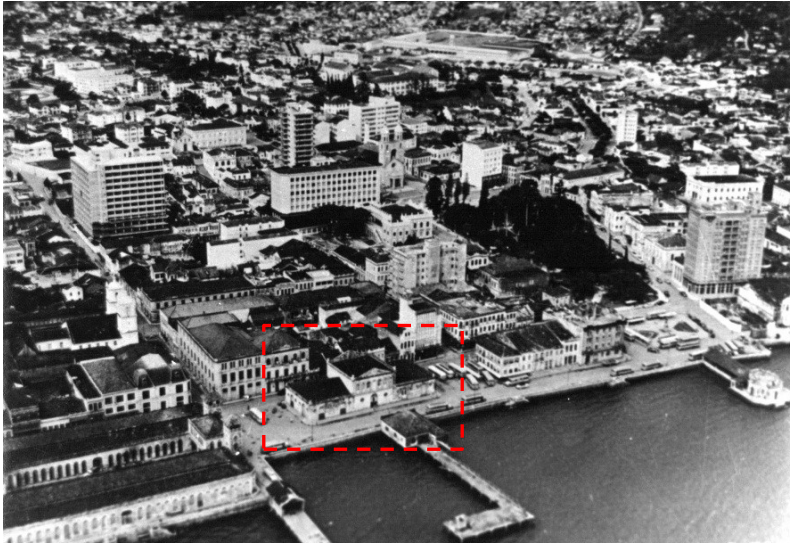
3.4. Histórico

A ilha de Santa Catarina se desenvolveu ao longo dos anos, em grande parte, por conta de sua localização privilegiada que a tornou um ponto estratégico nas rotas de comércio marítimo, sobretudo após a construção do porto. Edificações de grande representatividade atualmente, como a Casa da Alfândega e o Mercado Público, surgiram para dar suporte a essa atividade.

Conforme informações de Vaz e Pereira (2004), a primeira sede da alfândega ficava no local onde hoje se encontra a praça XV de novembro, no centro da capital catarinense. No entanto, um incêndio ocorrido em abril de 1866 destruiu o antigo edifício construído no ano de 1851 exigindo que se construísse uma nova sede, que está erguida até os dias atuais.

A construção do novo prédio da alfândega iniciou no ano de 1874 e sua inauguração ocorreu em 1876. Após exercer atividade por 88 anos a alfândega encerrou seu funcionamento em 1964 por conta da desativação do porto de Florianópolis. Nos anos seguintes, abrigou um escritório e depósito de mercadorias servindo também ao uso de instituições públicas. Em 1973 o prédio que até então fazia limite com o mar, como mostra a Figura 13, teve seu entorno bruscamente alterado em função do aterro da baía sul, construído tendo como principal finalidade melhorar a mobilidade urbana na região central da ilha. Dois anos depois, em 1975, houve o tombamento como patrimônio histórico. A partir desta data sua ocupação passou a se limitar ao uso cultural (VAZ; PEREIRA, 2004).

Figura 13 – Prédio da Alfândega antes do aterro



Fonte: IPHAN

3.5. Histórico de Intervenções

Com base em documentos e relatórios fornecidos pelo IPHAN foi possível organizar cronologicamente as obras que, ao longo dos anos, deixaram a edificação tal como se encontra nos dias atuais. As informações abaixo são apresentadas e discutidas na obra de Mendonça (2005).

- 1975 a 1996: restauro de toda a extensão do revestimento com a utilização de argamassas a base de cimento e aplicação sobre a superfície de pinturas “plásticas”, isto é, PVA e acrílicas. Todas as intervenções posteriores com o intuito de recuperar o reboco empregaram unicamente, até o ano de 1996, cimento como aglomerante na composição das argamassas.

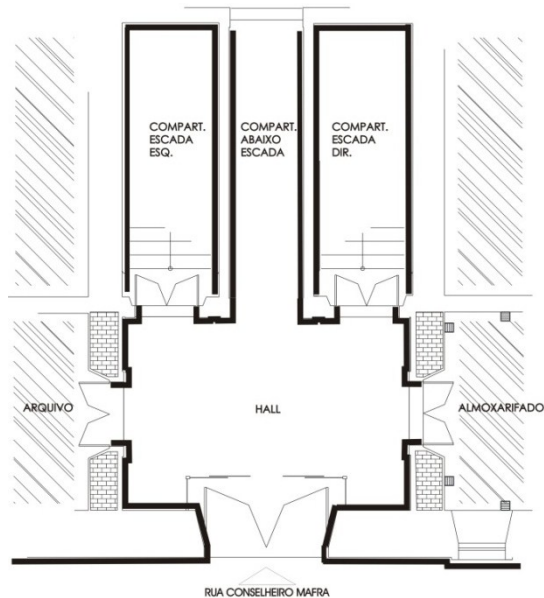
As obras do ano de 1975 compreenderam também modificações na alvenaria, como disposição das paredes, além de recuperação do madeiramento da cobertura e telhas. As novas alvenarias foram erguidas utilizando tijolos maciços de barro e podem ser identificadas pela hachura diferenciada nas Figuras 14,15 e 18 a seguir.

- 1996 á 1998: emprego de argamassas a base de cal como reboco de sacrifício, em substituição revestimento a base de cimento empregado anteriormente. A cal também foi utilizada na pintura.

Cabe destacar que essa substituição do reboco restringiu-se, na parte interna, ao térreo da edificação e, externamente, a fachada voltada para Rua Conselheiro Mafra, ambos correspondentes ao corpo central da edificação sob administração do IPHAN.

Nesse período, verificam-se também intervenções na cobertura relacionadas às telhas, forros e ao conjunto de calhas.

Figura 14 - Pavilhão central: superfícies cujos rebocos foram substituídos

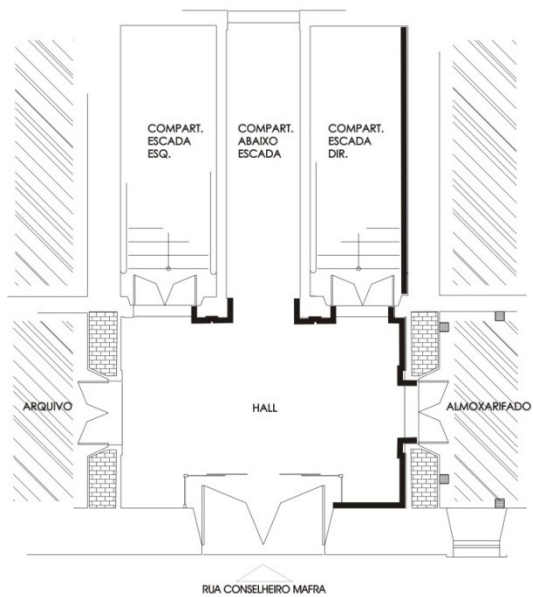


Fonte: Mendonça, 2005.

- 2002 a 2003: nas áreas mais danificadas do revestimento de sacrificio empregado na última intervenção, mais precisamente na parte interna do térreo da porção central, foi aplicada novamente argamassa a base de cal em substituição ao reboco deteriorado. Além disso, foi efetuada a aplicação de rebocos novos a base de cal em áreas não contempladas pela intervenção anterior (fachadas externas) que ainda permaneciam com argamassa de cimento.

A Figura 15 mostra as áreas internas abrangidas por esta intervenção, enquanto a Figura 16 apresenta o estado da superfície externa após a completa remoção da argamassa de revestimento.

Figura 15 – Pavilhão central: rebocos deteriorados



Fonte: Mendonça, 2005

Figura 16 - Remoção da argamassa para substituição do revestimento



Fonte: www.guiafloripa.com.br

- 2004: substituição do revestimento de sacrifício danificado por um novo e aplicação de tinta, ambos a base de cal. Essa substituição engloba os rebocos executados na última intervenção, já danificados e, além desses, os revestimentos pertencentes ao pavilhão central não contemplados pelas intervenções predecessoras (Figura 18). Neste período também foi executado um sistema de aeração, mostrado na Figura 17, constituído por valas internas e grelhas externas com o objetivo de minimizar o problema da umidade ascendente. No mesmo ano executaram-se serviços de tratamento das fissuras da alvenaria e correções de problemas na cobertura (infiltrações, entre outros).

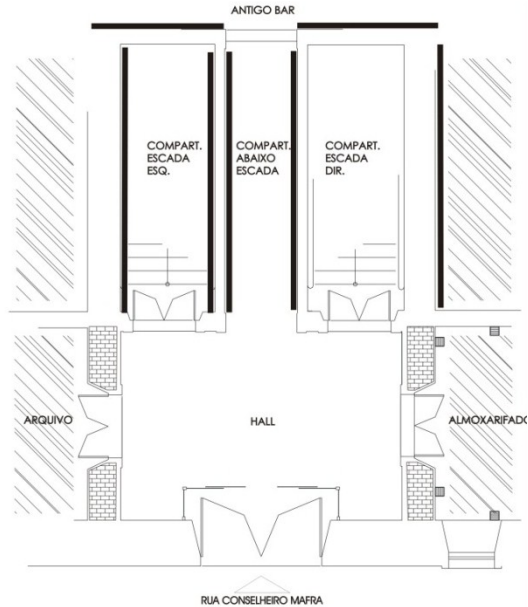
Figura 17 - Valas de aeração interna e externa, respectivamente



Fonte: Mendonça, 2005.

A troca dos pisos com o intuito de minimizar as consequências da umidade permitindo a evaporação, substituiu os revestimentos do tipo hidráulico pelos do tipo aerado.

Figura 18 – Pavilhão central: superfícies recuperadas



Fonte: Mendonça, 2005.

O principal fator que determina a qualidade e eficácia das intervenções é compatibilidade entre os materiais que estão em contato. Essa compatibilidade se refere ao comportamento físico, químico e estético dos materiais, mas não implica no emprego do mesmo material utilizado originalmente.

O Quadro 2 mostrado a seguir apresenta um resumo cronológico das intervenções referentes ao sistema de revestimento até então realizadas na Casa da Alfândega.

Quadro 2 – Resumo das intervenções no sistema de revestimento

Tabela referente às obras de recuperação dos rebocos da Antiga Alfândega de Florianópolis		
1975	RESTAURAÇÃO REALIZADA QUANDO O ESTADO DE SC ERA SUBORDINADO A SR DE SP	Na obra de 1975 foram empregados rebocos a base de cimento e pinturas plásticas. Nos anos que se sucederam até 1996 estes foram recuperados em suas partes danificadas por rebocos também em cimento.
1996 a 1998	<u>1.ª ETAPA DA RECUPERAÇÃO:</u> INÍCIO DO EMPREGO DA CAL NOS REBOCOS E PINTURAS EM SUBSTITUIÇÃO AO CIMENTO	DIAGNÓSTICO: Problemas de umidade decorrentes do uso inadequado de materiais e falta de conservação. Comprovada ineficácia dos rebocoo a base de cimento. PROCEDIMENTOS ADOTADOS: Emprego de reboco de sacrificio a base de cal em substituição ao de cimento anterior nas paredes da área do térreo pertencentes ao IPHAN e fachada da Rua Conselheiro Mafra. A intenção era tratar as superfícies mas não a causa dos problemas. LOCAIS ABRANGIDOS: Paredes dos ambientes térreos do hall, compartimentos das escadas, compartimento abaixo da escada e fachada da Rua Conselheiro Mafra.
2003	<u>2.ª ETAPA DA RECUPERAÇÃO:</u> SUBSTITUIÇÃO DAS ÁREAS MAIS AFETADAS DOS REBOCOS APLICADOS NA OBRA ANTERIOR. RECONSTITUIÇÃO E APLICAÇÃO DE REBOCOS NOVOS NAS CERCADURAS DOS VÃOS.	DIAGNÓSTICO: Continuação da recuperação do rebocos iniciada em 1997. PROCEDIMENTOS ADOTADOS: Substituição de áreas danificadas dos rebocos de 1997 por novos também a base de cal. LOCAIS ABRANGIDOS: Parede direita do hall e do compartimento da escada, parede do hall onde estão as portas de acesso as escadas e cercaduras dos vãos do hall.
2004	<u>3.ª ETAPA DA RECUPERAÇÃO:</u> CONTINUIDADE AO TRABALHO DE TROCA DOS REBOCOS EM SUAS ÁREAS DANIFICADAS POR NOVOS À BASE DE CAL. EXECUÇÃO DE VALAS DE AERAÇÃO DA UMIDADE PARA MINIMIZAR O PROBLEMA DA ASCENDÊNCIA.	DIAGNÓSTICO: Solucionar os problemas de umidade ascendente e melhorar a drenagem das águas retidas no solo causadores da umidade no edifício. PROCEDIMENTOS ADOTADOS: Valas de aeração na base das paredes internas do hall e no perímetro externo da Rua Conselheiro Mafra. Substituição de áreas de reboco danificadas e troca de áreas de reboco nas paredes não abrangidas pela proposta de 2003. Substituição dos rebocos de cimento nas paredes que fazem fundo ao hall. LOCAIS ABRANGIDOS: Compartimento da escada esquerda, compartimento abaixo da escada, parede do antigo bar e do lado externo da parede a direita do compartimento da escada direita.

Fonte: Mendonça, 2005.

3.6. Análise das manifestações patológicas

Dentre as manifestações patológicas observadas, o desprendimento da tinta se verifica em várias paredes do edifício, ocorrendo em diferentes alturas. Esse desprendimento é muitas vezes acompanhado por bolhas entre o substrato e a tinta, podendo manifestar-se através do descolamento da mesma na forma de escamas e placas que se soltam deixando o reboco ou a camada anterior de pintura à mostra. O desprendimento da argamassa também pode ser observado em forma de blocos ou com pulverulência.

Em várias regiões percebem-se ainda manchas avermelhadas e esverdeadas sobre a superfície, deposições escuras e esbranquiçadas, além das manchas de umidade.

Dentre manifestações patológicas que acometem a edificação, muitas estão associadas à presença de umidade na superfície ou a existência de água no interior do substrato. Nesta edificação, especificamente, a umidade é oriunda da absorção capilar da água do terreno pela base da alvenaria e da água da chuva que incide sobre a superfície externa da edificação, em menor proporção.

As vistorias na casa da Alfândega foram realizadas entre os meses de junho e novembro de 2013 e compreendem inspeções visuais, de tato e olfato, além da coleta de informações informais com os usuários e registros fotográficos.

Para auxiliar a compreensão das manifestações patológicas verificadas no prédio e descritas a seguir, cabe destacar:

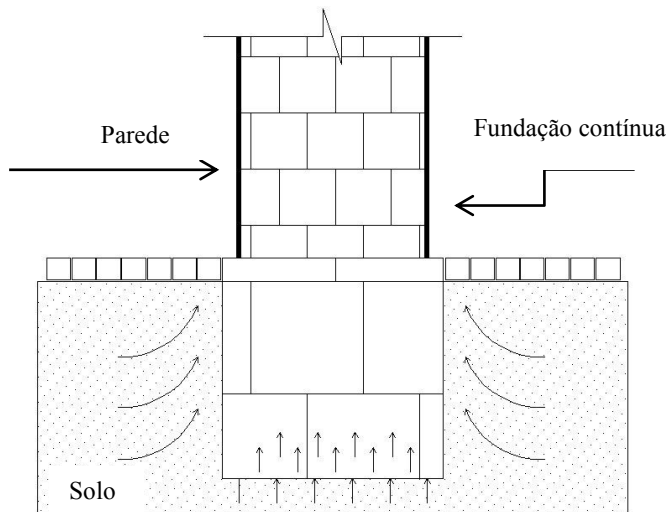
- Absorção capilar da fundação

A água existente no solo, oriunda do lençol freático ou infiltração de águas superficiais, por exemplo, atinge as paredes e revestimentos de argamassa da edificação por meio da absorção capilar. A água em ascensão percola preferencialmente através das juntas da alvenaria da fundação e vedação que oferecem menos restrições à passagem da água em comparação as pedras (Figura 19).

A fundação contínua e direta executada em pedra apresenta espessura superior a da vedação. Cabe destacar que as paredes externas

erguidas sobre a fundação apresentam espessura média de 1m, oferecendo assim uma grande área disponível para a ascensão da água em comparação a superfície disponível para evaporação.

Figura 19 - Absorção capilar da fundação



Fonte: Autora, 2013.

- **Cristalização de sais**

Na absorção capilar podem-se definir quatro zonas que diferem entre si quanto ao teor de umidade. São elas: zonas A, B, C e D mostradas na Figura 20.

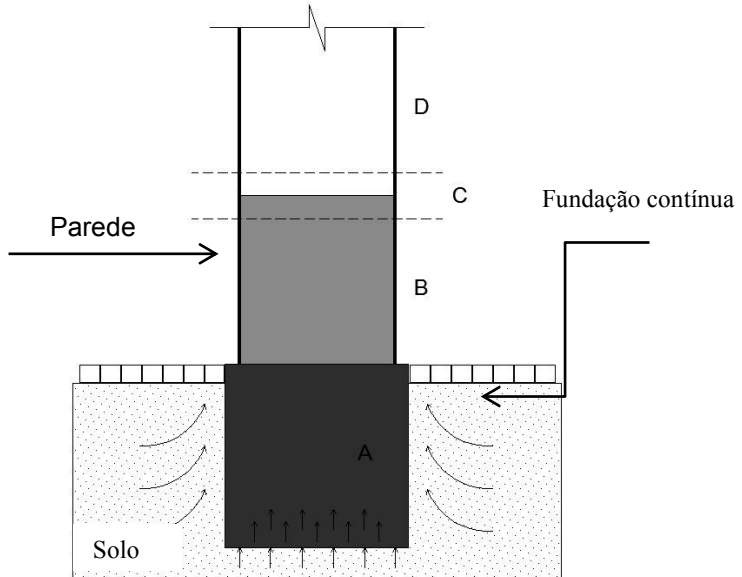
A: Zona mais escura da figura que representa a porção cujos vazios então saturados de água, ou seja, o teor de umidade corresponde a 100%;

B: O teor de umidade é menor do que 100% e diminui gradativamente com a altura do revestimento;

C: Zona de evaporação que engloba a maior altura de ascensão da água. É nesta faixa, facilmente identificada por uma linha horizontal separando superfícies de coloração diferente, que se dá a cristalização de sais;

D: Zona livre da condensação da água, apresentando apenas vapor em seus vazios.

Figura 20 - Zonas de distribuição de umidade



Fonte: Adaptado de Magalhães, 2008.

3.6.1. Desprendimento pontual da argamassa

- Descrição: argamassa de cal com adição de conchas marinhas manifesta desprendimento da camada de reboco, deixando à camada anterior (emboço) a mostra (Figura 21).
- Localização: fachada externa, a oeste, voltada para o mercado público.

Figura 21 - Desprendimento pontual da argamassa



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

c) Hipóteses levantadas:

3.6.1.1. Ação de sais: cristalização

A água proveniente do terreno pode conter sais dissolvidos em sua constituição. Esses sais em solução atuam na degradação do revestimento de argamassa por conta das tensões expansivas resultantes da reação de cristalização vinculada às variações do teor de umidade existente no material.

A atmosfera marinha associada a grande proximidade do solo sobre o qual se encontra a edificação com o aterro executado na baía sul, faz com que a ação de cloretos e sulfatos seja particularmente importante. Esses sais, transportados pelas águas subterrâneas, atingem a fundação por capilaridade.

A hipótese de cristalização de sais foi descartada, pois o desprendimento da argamassa não ocorre em uma região de equilíbrio entre a umidade da alvenaria e a ambiente, isto é, zona onde a água evapora permitindo a formação dos cristais. Esta zona pode ser

identificada por uma linha horizontal que marca a diferença de coloração no revestimento.

3.6.1.2. Carbonatação insuficiente da cal

O hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) existente na argamassa de cal reage com o dióxido de carbono (CO_2) atmosférico para formar carbonato de cálcio (CaCO_3) na reação denominada carbonatação. A carbonatação, que ocorre de forma lenta, é função do tempo de exposição da argamassa ao ar sendo responsável pelo aumento da resistência mecânica da mesma.

Todo revestimento foi executado em um mesmo período e está submetido às mesmas condições de exposição quanto à carbonatação. Além disso, assim como na zona onde se verifica o desprendimento outras também estão submetidas à umidade. Logo, essa hipótese foi descartada já que a manifestação de desprendimento se dá pontualmente.

d) Causa provável

3.6.1.3. Hidratação retardada dos óxidos de cálcio e magnésio da cal

Uma análise visual permite avaliar que o desprendimento localizado se dá numa região cuja superfície de coloração mais escura indica presença de água. O descolamento das camadas de argamassa manifesta-se em altura compatível com a de absorção capilar (aproximadamente 1,5 metros). Além disso, por ser uma superfície externa deve-se considerar a contribuição da infiltração da água de precipitação para a manutenção do nível de umidade. As pedras utilizadas na regularização das aberturas dos vãos também contribuem, pois são impermeáveis e provocam descontinuidade no painel de argamassa favorecendo o acúmulo de umidade em sua proximidade.

Uma observação a curta distância permite avaliar que a argamassa de revestimento não foi aplicada em camada única.

Verificam-se duas porções distintas, a interior mais porosa e espessa e a superficial mais densa e fina. Em ambas as situações percebe-se o emprego de conchas marinhas na mistura.

Sabe-se que água presente no interior dos materiais tende a sair por conta da diferença de umidade e/ou temperatura. A água em contato com os óxidos livres resultantes do emprego de cal mal hidratada acarreta reações de dissolução dos mesmos. Esta reação é expansiva e gera tensões sobre a parede dos poros da argamassa, resultando no desagregamento desta.

A aparência do emboço apresentando pequenas bolhas após o desprendimento do reboco, em conjunto ao fato da manifestação ter ocorrido tempos após a aplicação da argamassa, indica hidratação retardada de óxido de magnésio.

O descolamento da argamassa também é influenciado pelo seu traço. As conchas marinhas quando adicionadas à composição como agregados, além de aumentar a porosidade também elevam a concentração de sais de origem marinha, cloretos principalmente, que potencializam a degradação do revestimento quando em contato com a água. Os cloretos são higroscópicos e adsorvem umidade em sua superfície favorecendo a permanência da água no substrato.

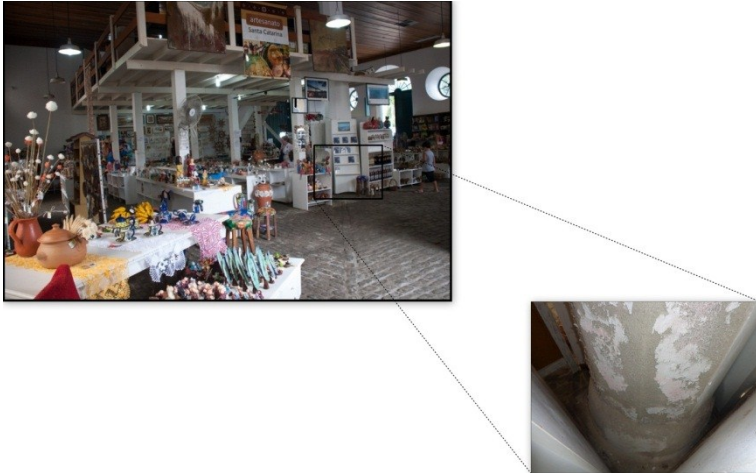
Além das conchas, a água oriunda do solo absorvida por capilaridade também pode ser fonte de cloretos.

3.6.2. Desprendimento da argamassa com pulverulência

- a) Descrição: argamassa de cimento manifesta desprendimento juntamente com a tinta de forma pulverulenta.

- b) Localização: revestimento interno da ala oeste. Parte inferior da parede mostrada na Figura 24 e, principalmente, pilar central mostrado nas Figuras 22 e 23 (desprendimento numa altura de cerca de 1,25m).

Figura 22 - Desprendimento pulverulento da argamassa



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

c) Hipóteses levantadas:

3.6.2.1. Argamassa Magra

Verifica-se quando o teor de cimento empregado como aglomerante no revestimento é baixo. Isso reduz a resistência da argamassa frente à ação da água e favorece o desprendimento pulverulento.

3.6.2.2. Existência de pó no agregado

A possível existência de pó no agregado dificulta a ligação do aglomerante ao mesmo, favorecendo a pulverulência da argamassa.

d) Causa provável**3.6.2.3. Ataque por sulfatos: formação de etringita**

No ano de 1975 o revestimento original a base de cal foi substituído no por outro a base de cimento e assim permanece até os dias atuais na grande maioria das superfícies internas, exceto no hall térreo do pavilhão central.

O terreno no qual se encontra a Casa da Alfândega engloba o aterro executado nas margens da baía sul no ano de 1973. A edificação propriamente dita não está sobre o aterro, mas o largo da Alfândega imediatamente a sua frente sim. Por conta disso, cabe considerar que a água absorvida do solo contém sulfatos e cloretos de origem marinha que podem atingir a edificação tanto pela ação da névoa salina quanto por capilaridade, principalmente. Também o cimento, em sua composição, apresenta sulfato de cálcio adicionado sob a forma de gesso para controle do tempo de pega.

O cloreto, sal higroscópico que adsorve água em sua superfície, associado às restrições de insolação e evaporação impostas pela localização em ambiente interno contribuem para manter o revestimento constantemente úmido.

Já o sulfato, ao reagir na presença de água com o hidróxido de cálcio e os aluminatos resultantes da hidratação do cimento que compõe a argamassa, gera uma reação expansiva pela formação e crescimento de cristais de etringita que culmina com o desagregamento do reboco de forma pulverulenta.

Neville (1997) apresenta a seguinte fórmula para etringita:

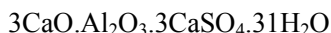
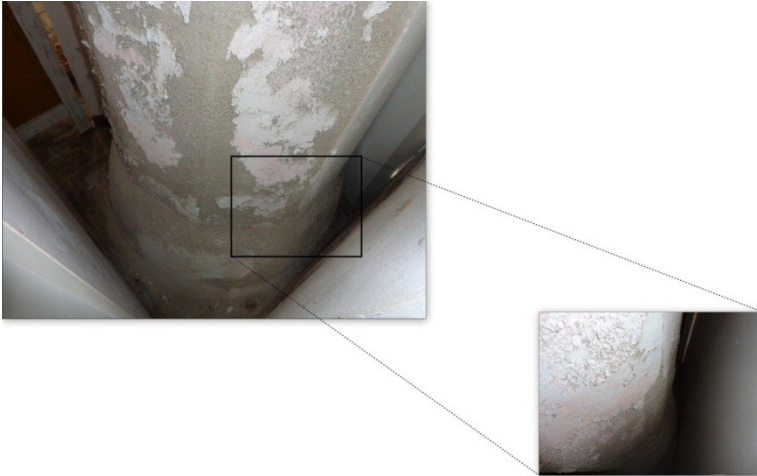


Figura 23 - Pulverulência da argamassa - Pilar central, ala oeste



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

Figura 24 - Pulverulência da argamassa - Parede interna, ala oeste

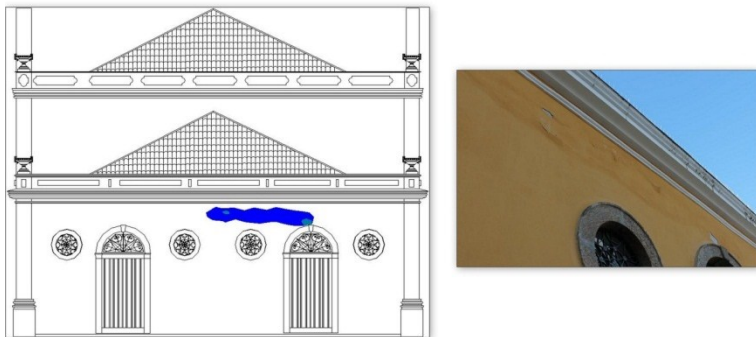


Fonte: Acervo pessoal, 2013.

3.6.3. Destacamento da tinta

- a) Descrição: destacamento da tinta a base de cal do substrato devido à infiltração por precipitação.
- b) Localização: fachada voltada para o mercado, parte superior da parede imediatamente abaixo da cimalha (Figura 25).

Figura 25 - Abaulamento da tinta



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

- c) Causa

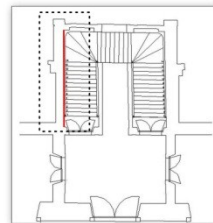
3.6.3.1. Infiltração da água de precipitação

O desprendimento da tinta é observado na parte superior da parede manifestando destacamento localizado em alguns pontos. Ocorre em virtude da água de precipitação que infiltra pela cobertura devido a deficiências, tais como telhas quebradas e falhas no sistema de escoamento, entre outros.

3.6.4. Empolamento da tinta

- a) Descrição: bolhas na película de tinta a base de cal.
- b) Localização: pavilhão central, compartimento da escada (Figura 26).

Figura 26 - Bolhas na pintura



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

- c) Causa

3.6.4.1. Formação de película pela adição de caseína

O hall da porção central e compartimento das escadas tiveram seu revestimento e pintura renovados entre os anos de 1996 e 1998 sendo, atualmente, ambos à base de cal. Esse procedimento teve como principal objetivo aumentar a capacidade de evaporação do substrato quanto à água absorvida por capilaridade.

A pintura, segundo Mendonça (2005), foi aplicada em finas camadas de pasta de cal diluída na qual se incorporou caseína. A utilização desta proteína como aditivo, conforme Kanan (2008) provoca diminuição da permeabilidade da tinta à base de cal fazendo com que esta se comporte de modo semelhante às tintas “plásticas” (acrílicas e PVA), isto é, cria-se uma película sobre o substrato que impede a saída de água sob a forma de vapor dando origem ao empolamento.

A pressão do vapor d’água que tende a sair gera bolhas na interface entre o substrato e a tinta. Com o tempo, a pressão aumenta e as bolhas se rompem causando o desprendimento da pintura da superfície na qual está aderida.

3.6.5. Descascamento da tinta plástica

- a) Descrição: descascamento da tinta deixando a camada anterior de pintura à mostra, conforme mostra a Figura 27.

- b) Localização: ala oeste, superfície interna da parede paralela a Rua Conselheiro Mafra.

Figura 27 - Descascamento da pintura - Superfície interna, ala oeste



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

c) Causa provável

3.6.5.1. Má preparação do substrato

A superfície das paredes internas da galeria dos artesãos na ala oeste está pintada com tinta de acabamento fosco que, conforme as informações levantadas, consiste em tinta plástica (látex PVA e/ou acrílica).

Verifica-se o desprendimento da camada mais recente de tinta deixando a anterior, que permanece íntegra, a mostra. Esse desprendimento é precedido por bolhas na interface entre as duas tintas.

A aplicação da pintura sobre superfície sem preparação prévia para a remoção de poeira e partículas soltas em geral contribuem para a má aderência ao substrato, além da possibilidade de incompatibilidade química entre as tintas.

3.6.6. Desprendimento da tinta a base de cal

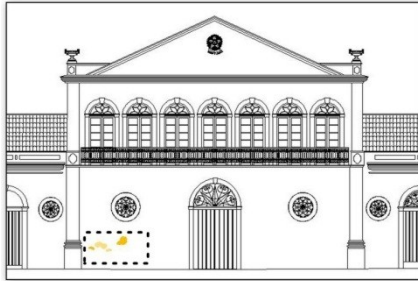
- a) Descrição: desprendimento da tinta a base de cal deixando a camada anterior de tinta e o reboco a mostra (Figuras 28 e 29).
- b) Localização: fachada externa, predominantemente a oeste voltada para o mercado público, e fachada sul.

Figura 28 - Desprendimento da pintura a cal



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

Figura 29 - Descascamento pontual da tinta a cal - Fachada sul



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

c) Hipóteses levantadas:

3.6.6.1. Má preparação do substrato

Alves (2010) afirma que a pintura sobre superfícies caiadas tem sua aderência prejudicada por conta da formação de pó na interface entre a tinta a base de cal e o substrato, justificando assim o desprendimento da mesma da argamassa. Esse pó consiste em partículas de cal antes diluídas que se fixam a superfície após a evaporação da água.

A aplicação de novas tintas sobre superfície caiada deve ser precedida a remoção das partes soltas.

3.6.6.2. Incidência solar

Conforme Lorenzetti (2010), a fachada oeste que recebe incidência de sol no período da tarde tem a ação solar intensificada no verão. Nesta estação a referida posição é a que sofre maior aquecimento, resultando num envelhecimento acelerado da tinta em relação às demais fachadas.

Cabe destacar ainda a perda da elasticidade da película e a dilatação diferencial que se manifesta quando existem camadas sobrepostas. Neste caso, se dá a separação dos filmes adjacentes (BEZERRA, 2010).

d) Causa provável

3.6.6.3. Cristalização de sais

O desprendimento coincide com a altura de evaporação da água absorvida por capilaridade, logo se deve considerar a ação de sais solúveis que cristalizam na interface tinta/substrato ou entre películas adjacentes. Esses sais são oriundos da água do solo absorvida através da fundação.

Os fatores anteriormente citados (má preparação do substrato e incidência solar) também contribuem para o desprendimento, mas em menor proporção, isto é, potencializam a ação dos sais que se cristalizam.

A ocorrência é mais intensa na fachada voltada para o mercado público em função da maior amplitude térmica em relação à fachada sul sobre a qual o sol não incide.

3.6.7. Manchas avermelhadas na superfície da pintura

- a) Descrição: manchas de coloração vermelha/castanha são observadas na superfície das paredes, conforme mostra a Figura 30.

- b) Localização: pavimento térreo: porção central, ala oeste e fachada a sul.

Figura 30 - Proliferação de algas



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

- c) Causa

3.6.7.1. Proliferação de algas

As manchas de coloração vermelha/castanha manifestam-se em superfícies com elevado teor de umidade, sobretudo a baixa altura das paredes por conta da água oriunda da ascensão capilar.

A ação higroscópica dos cloretos, juntamente com as restrições de iluminação e ventilação (evaporação) típicas de ambientes internos, favorece a presença constante de água na argamassa de revestimento. No hall térreo do pavilhão central o fenômeno é potencializado pela

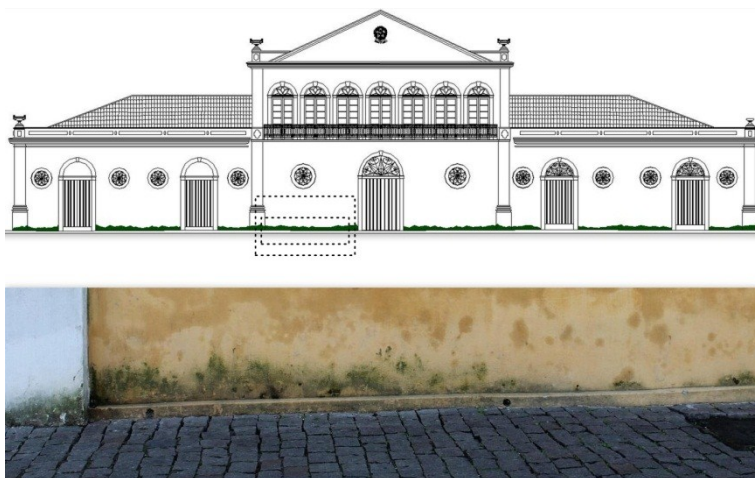
inexistência de vãos para circulação de ar verificando-se apenas óculos para a iluminação que também é insuficiente.

A coloração avermelhada indica presença de algas, em função da grande proximidade com o mar. Gaylarde, 2000 apud Lersh, 2003 destaca que a ação de algas favorece a retenção de água e a dissolução de minerais contribuindo para a degradação da superfície.

3.6.8. Manchas esverdeadas na parede externa

- a) Descrição: manchas escuras de coloração esverdeada manifestam-se a baixa altura do revestimento.
- b) Localização: fachada externa, predominantemente a sul (Figura 31).

Figura 31 - Ação dos fungos

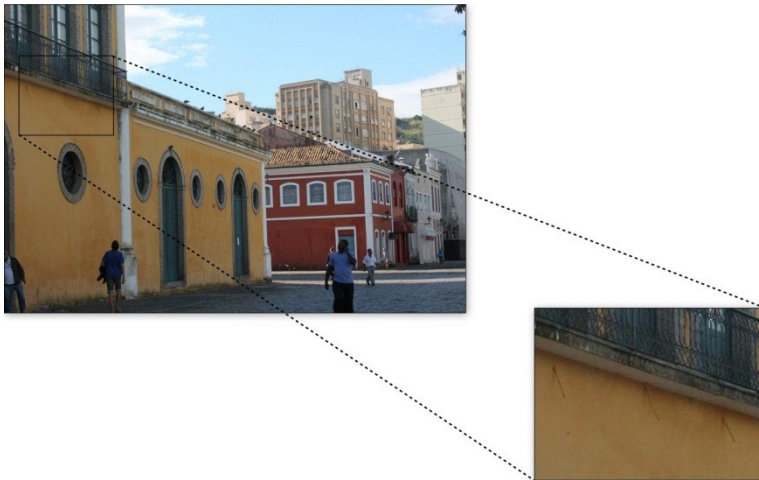


Fonte: Acervo pessoal, 2013.

c) Causa**3.6.8.1. Proliferação de fungos**

As manchas esverdeadas são observadas, predominantemente, nas superfícies da parede a baixa altura. Isso ocorre pelo fato de um maior teor de umidade estar presente nesta região em função dos respingos da chuva que cai nas calçadas adjacentes e principalmente pela ação da absorção capilar. Os respingos, particularmente, são intensificados pelos drenos adicionados ao sistema de escoamento que são mostrados na Figura 32 a seguir.

Figura 32 - Drenos para escoamento da água de precipitação



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

Os fatores acima citados associados à presença de cloretos provenientes do solo e da névoa salina favorecem a permanência de água na argamassa de revestimento.

Além da umidade, a deficiente incidência de luz solar ao sul da edificação contribui para proliferação dos micro-organismos resultando em manchas de maior altura e extensão nesta fachada.

A coloração esverdeada é atribuída à presença de fungos cujo biofilme formado depois que se estabelecem também atua na manutenção da umidade.

3.6.9. Manchas escuras

- a) Descrição: as manchas de cor preta com aspecto de escorrimento ocorrem nas zonas superiores da edificação (Figura 33).
- b) Localização: superfície interna da alvenaria do frontão triangular na cobertura e nas cimalkas dispostas no perímetro do patrimônio.

Figura 33 - Combate aos pombos - Ação das espículas



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

c) Causa**3.6.9.1. Ação dos pombos**

A ação dos pombos que liberam seu excremento nas superfícies em que pousam resulta em manchas de cor preta com aspecto de escorrimento, intensificado pela ocorrência de precipitação.

As hastes pontiagudas (espículas) existentes para combater esta manifestação apresentam deficiências em sua disposição, pois em certos locais apesar de limitarem o pouso na área central deixam as bordas livres para que os pombos liberem excremento ao longo das superfícies verticais.

3.6.10. Manchas de umidade

- a) Descrição: manchas de coloração amarelada manifestam-se em alturas elevadas do revestimento.

- b) Localização: Paredes internas (Figura 34).

Figura 34 - Infiltração da água de precipitação - Pavimento térreo



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

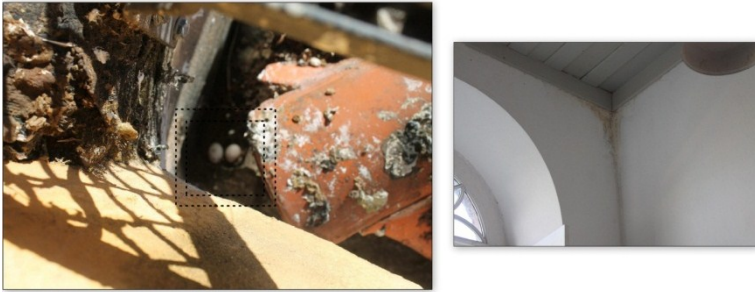
c) Causa

3.6.10.1. Deficiências no sistema de escoamento da água

As manchas de umidade são visíveis na porção central, em ambos os pavimentos.

No pavimento superior manifestam-se, sobretudo, no encontro das alvenarias (canto da parede) que coincide com o alinhamento do tubo de queda sendo resultado das obstruções existentes no sistema de calhas (Figura 35). No pavimento inferior aparecem no encontro entre as paredes do pavilhão central com os telhados adjacentes das alas laterais devido a deficiências na cobertura, telhas quebradas por exemplo.

Figura 35 - Obstrução das calhas – Pavimento Superior



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

3.6.11. Eflorescência

- a) Descrição: manchas esbranquiçadas sobre a superfície do revestimento geralmente acompanhadas de desprendimento da tinta e/ou da argamassa.

- b) Localização: hall térreo do pavilhão central, sobretudo circulação abaixo da escada.

- c) Hipóteses levantadas:

3.6.11.1. Carbonatação da cal em superfície

Revestimentos de argamassa a base de cal submetidos à umidade constante, apresentam seus poros preenchidos com água e tem o processo de carbonatação retardado por conta da dificuldade de penetração do dióxido de carbono dentro do material poroso. A água

presente no substrato, além de mantê-lo constantemente úmido, promove a dissolução dos óxidos não dissolvidos, carregando-os para fora da alvenaria. Como consequência, têm a carbonatação em superfície pelo contato dos hidróxidos de cálcio e/ou magnésio com o dióxido de carbono atmosférico.

Superficialmente visualizam-se manchas esbranquiçadas sobre o revestimento.

Sabe-se que a hidratação retardada dos óxidos da cal é expansiva, isto é, provoca aumento de volume dos mesmos gerando tensões nas paredes dos poros com consequentes desprendimentos. Essa ocorrência não foi verificada nas superfícies onde as manchas esbranquiçadas foram observadas.

d) Causa

3.6.11.2. Cristalização de sais

No hall térreo do pavilhão central verificam-se porções esbranquiçadas sobre o revestimento que não constituem manchas contínuas, mas sim, deposições pulverulentas de pequenos cristais (Figuras 36 e 37). Esta observação reforça esta hipótese em detrimento da apresentada anteriormente.

Figura 36 - Eflorescência



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

A cristalização de sais na interface entre o substrato de argamassa e a tinta promove o desprendimento da tinta deixando a mostra à argamassa com deposições cristalinas em sua superfície.

Figura 37 - Cristalização de sais



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

A cristalização de sais é função da presença de umidade no substrato e da existência de sais. A umidade é oriunda da água absorvida por capilaridade e sua permanência no revestimento é favorecida pelo grande confinamento da porção do hall abaixo da escada que prejudica a circulação de ar. Os sais, por sua vez, têm como fonte os materiais empregados na composição da alvenaria e também a água presente no substrato.

3.6.12. Ocorrência de vegetação

- a) Descrição: crescimento de espécies vegetais na cobertura (Figura 38).
- b) Localização: cobertura do pavilhão central.

Figura 38 - Vegetação na cobertura



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

c) Causa**3.6.12.1. Umidade, insolação e matéria orgânica**

Os vegetais se desenvolvem nas platibandas que circundam o telhado e no frontão triangular em superfícies desprotegidas da chuva e com boa incidência solar (Figura 39).

À medida que crescem, podem contribuir para o surgimento de fissuras no reboco por conta de sua fixação ao substrato, além de promover um aumento da retenção de água. Na cobertura são particularmente prejudiciais por conta da obstrução dos dispositivos do sistema de escoamento, isto é, calhas, tubos de queda, etc.

O desenvolvimento das espécies vegetais é favorecido pela presença de pombos cujos excrementos constituem matéria orgânica para o crescimento das plantas.

Figura 39 – Ação vegetal sobre a biodeterioração

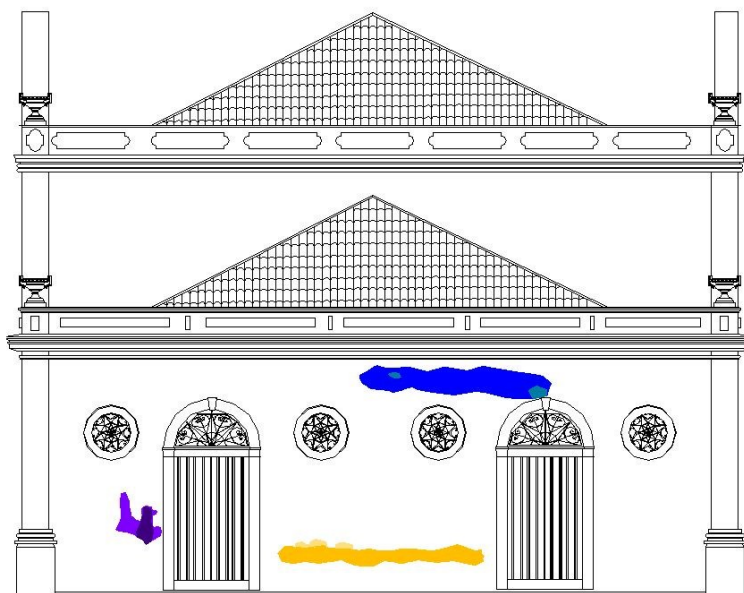


Fonte: Acervo pessoal, 2013.

3.7. Fachadas críticas

As fachadas oeste e sul foram as que apresentaram a maior incidência de manifestações patológicas sendo por conta disso chamadas de fachadas críticas e abordadas em separado. Entre os fatores que contribuem para as consequências acentuadas nessas fachadas estão a incidência solar e a amplitude térmica, entre outros.

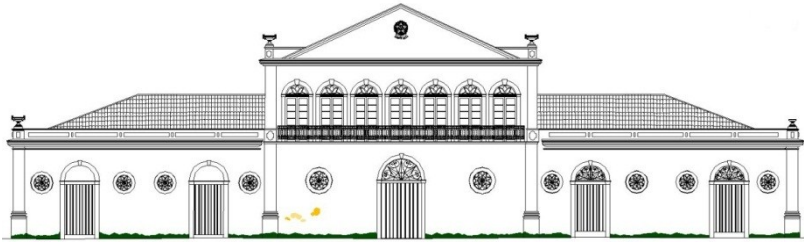
Figura 40 - Manifestações patológicas na fachada oeste



Fonte: Autora, 2013.

Na fachada oeste, apresentada na Figura 40 acima, o desprendimento pontual (em roxo) corresponde a cerca de $0,8\text{m}^2$ de toda área revestida com argamassa. O descascamento da tinta (em amarelo), por sua vez, equivale a aproximadamente $1,4\text{m}^2$, enquanto o destacamento causado pela água de precipitação na parte superior (em azul) apresenta uma extensão de pouco menos de 5m.

Figura 41 - Manifestações patológicas na fachada sul



Fonte: Autora, 2013.

Na fachada sul apresentada na Figura 41 a proliferação de fungos (em verde) acontece por toda zona inferior da parede, que corresponde a 50m de extensão. As únicas áreas não afetadas são as correspondentes aos vãos das portas, pois são constituídas de pedra enquanto as demais áreas possuem revestimento argamassado. A altura é bem variável, podendo apresentar picos de quase 40 cm.

O desprendimento da tinta (em amarelo) se manifesta em 0,3 m² da fachada, aproximadamente.

Os Quadros 3 e 4 mostrados a seguir trazem informações quanto as porcentagens⁴ da manifestação patológica em relação as dimensões da fachada.

⁴ As porcentagens foram calculadas dividindo a área de manifestação patológica sobre a área de revestimento (argamassa e pintura) ou a extensão da manifestação sobre a extensão da fachada.

Quadro 3- Quantitativo das manifestações patológicas na fachada externa

Manifestação	Localização	Porcentagem	Referência
Desprendimento pontual da argamassa (3.6.1)	Fachada Oeste	1,16%	Área
Desprendimento da tinta a base de cal (3.6.6)	Fachada oeste	2,03%	Área
Destacamento da tinta (3.6.3)	Fachada oeste	26,95%	Extensão
Fungos (3.6.8)	Fachada sul	100,00%	Extensão
Desprendimento da tinta a base de cal (3.6.6)	Fachada sul	0,15%	Área

Fonte: Autora, 2013.

Quadro 4 - Dimensões das fachadas críticas

FACHADA	ÁREA (m ²)	EXTENSÃO (m)
Fachada Oeste	69	16,7
Fachada sul	199	50

Fonte: Autora, 2013.

As áreas referenciadas na tabela acima correspondem às superfícies com revestimento de argamassa apenas, descontando as aberturas de ventilação e iluminação da área total. A área de fachada voltada para o sul, particularmente, corresponde apenas ao pavimento térreo.

3.8. Propostas de Intervenção

3.8.1. Umidade ascendente

O levantamento histórico fornece que a única intervenção realizada com o intuito de combater a umidade ascendente, que se enquadra na categoria de sistemas de drenagem, foi à execução de valas de aeração. Estas estão dispostas na parte interna do pavilhão central e em todo o perímetro externo da edificação.

A proposta de funcionamento deste sistema, já apresentada anteriormente, visa promover a evaporação da água absorvida por capilaridade limitando o contato da interface da parede com o solo, incentivando o escoamento da água que se movimenta lateralmente e favorecendo a aeração.

A persistência das manifestações patológicas devido à umidade ascendente mesmo após a execução das valas de aeração pode ser justificada pelas seguintes hipóteses:

- a) Inexistência de grelhas externas: conforme recomendação, as grelhas devem ser dispostas regularmente para promover aeração, aumentando o gradiente de umidade entre a vala e a parede e assim favorecendo a evaporação da água existente no substrato. A falta de grelhas acarreta um maior tempo de permanência da água na alvenaria.

Ao longo de todo o perímetro externo não há grades para ventilação, existindo apenas respiros, isto é, tubos que conectam as valas de aeração ao ambiente externo (Figura 42). Estes se encontram devidamente protegidos com tela e distribuídos ao longo da parte inferior da parede, mas são insuficientes para um bom funcionamento do sistema não suprimindo a falta das grades.

Figura 42 - Respiros das valas de aeração



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

- b) Uso inadequado: na parte interna, mostrada na Figura 43 a seguir, a utilização de grelhas para evaporação da água ao longo da vala é prejudicada pela má instrução dos funcionários quanto a sua manutenção. Há indícios de que as mesmas são utilizadas como ralos, ou seja, são vistas como pontos para a deposição de água.

Figura 43 - Valas de aeração - Hall térreo do pavilhão central



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

Dentre os demais métodos de combate a umidade ascendente apresentados, as barreiras físicas são os dispositivos menos indicados.

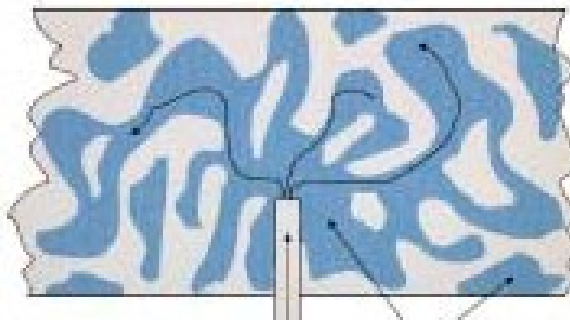
O corte da alvenaria para a introdução de membranas e placas requer juntas contínuas, que não podem ser garantidas na edificação. Além disso, a descontinuidade introduzida na alvenaria e as vibrações decorrentes do maquinário poderiam acarretar danos à estabilidade da estrutura, intensificados pelo fato da mesma ser uma construção histórica.

As barreiras químicas surgem então como a opção mais adequada. As perfurações executadas para inserção dos produtos impermeabilizantes não causam descontinuidades significativas, pois suas dimensões são reduzidas em comparação as barreiras físicas. As vibrações resultantes são mínimas.

Comparativamente as barreiras físicas, os produtos químicos empregados não geram um bloqueio contínuo horizontal no substrato como desejado. Formam uma camada difusa onde alguns poros, menos resistentes em geral, estão preenchidos e outros vazios (Figura 44).

Como consequência, os métodos químicos diferentemente dos físicos não bloqueiam a passagem de água, mas reduzem satisfatoriamente sua ascensão (COLEMAN, 2003).

Figura 44 - Distribuição dos produtos químicos - Bloqueio da umidade ascendente



Fonte: Coleman, 2003.

Cabe destacar que o grau de “dispersão” do produto dentro dos poros está condicionado à pressão aplicada e ao teor de umidade existente (COLEMAN, 2003).

3.8.2. Umidade de precipitação

O prédio da Casa da Alfândega em Florianópolis, assim como as demais construções de seu período de construção, apresenta elementos arquitetônicos que favorecem o movimento de expulsão da água da chuva, evitando seu acúmulo. Como exemplo tem-se as cornijas com saliências que impedem o escoamento da água de precipitação junto à fachada (Figura 45).

Figura 45 - Sujidade



Fonte: Acervo pessoal, 2013.

Com o tempo, surgiu a necessidade do acréscimo de um sistema de escoamento para auxiliar na condução da água para fora da edificação. Como consequência, são encontrados tubos de queda e calhas no telhado. O acréscimo desses elementos não alterou o aspecto estético do prédio, mas sua implantação não surtiu os efeitos desejados.

O bom funcionamento do sistema é prejudicado pela manutenção deficiente, incapaz de evitar o acúmulo de materiais de origem orgânica como folhas, além das penas e excrementos de pombos, bem como os mesmos animais mortos.

Para promover resultados condizentes com a idealização do sistema implantado deve-se proceder limpezas periódicas, menos espaçadas, do sistema de calhas. Vinculado a isso, deve-se realizar o controle dos pombos limitando seu acesso a cobertura. Atualmente, já são utilizadas espículas com essa função, no entanto sua distribuição ainda deixa vários espaços livres para que os pombos pousem e depositem seus dejetos.

Medidas de limitação à reprodução da espécie também são pertinentes.

4. Considerações finais

Ao término do trabalho evidencia-se a importância dos materiais e técnicas construtivas empregadas no comportamento estético e funcional da edificação no decorrer do tempo. Além disso, as características do ambiente no qual a Casa da Alfândega está inserida, bem como a compatibilidade dos novos materiais aplicados com os existentes originalmente também demonstraram significativa participação no surgimento das manifestações patológicas.

No que se refere aos materiais, ficou evidente a ação destrutiva do emprego da cal contendo óxidos não hidratados de cálcio e magnésio, principalmente, e os prejuízos conferidos pela adição da caseína a tinta a base de cal aplicada sobre argamassa submetida à água. Quanto às técnicas construtivas, à existência de uma fundação contínua direta possibilitou uma maior área disponível para absorção, enquanto a grande espessura das paredes dificultou a evaporação da água.

A atmosfera marinha está relacionada à concentração de sais que potencializam o processo de degradação; já as intervenções equivocadas constituem um fator determinante para o agravamento dos problemas observados por conta da aplicação de materiais inadequados sobre o substrato com elevado teor de umidade, como o reboco a base de cimento e tintas plásticas.

Cabe destacar ainda a ação das deficientes medidas de manutenção para com o patrimônio.

De modo geral, a origem das anomalias cujas causas já foram apresentadas anteriormente, pode estar nos projetos, originais ou de intervenções, e também na execução. No primeiro caso, pode-se supor como exemplo a falta de especificação dos materiais a ser empregados, especificação equivocada de materiais como a caseína adicionada as tintas, quantidade insuficiente de vãos para ventilação, não previsão de grelhas externas para aeração nos sistemas de drenagem, etc. No que se refere à execução, supõe-se a má preparação do substrato para receber a tinta e o preparo inadequado da pasta de cal usada na confecção da argamassa, entre outros.

As anomalias mais frequentes e abrangentes estão associadas ao revestimento de argamassa e a pintura. Estas e as demais manifestações, de modo geral, têm sua ocorrência associada à presença de água, seja ela de origem do solo (absorção capilar) ou de precipitação. A permanência de umidade no substrato e o transporte de água estão relacionados, entre outros fatores, a características intrínsecas de cada material. A presença de umidade, por sua vez, é função da inexistência de medidas impermeabilizantes aplicadas à edificação, já que tal ação não era habitual na época da construção.

Sendo assim, pode-se afirmar que as intervenções propostas voltadas para o combate à umidade eliminariam ou pelo menos reduziriam significativamente a maioria das manifestações verificadas na Casa da Alfândega. Como resultado direto, ter-se-ia a melhoria do conforto e segurança dos usuários e o prolongamento da vida útil, com reflexos econômicos relacionados ao setor turístico.

Recomendações para trabalhos futuros

Para aumentar a confiabilidade das conclusões apresentadas e aprofundar a análise das manifestações patológicas observadas seria interessante a realização dos ensaios descritos anteriormente. São eles:

- Permeabilidade;
- Absorção por capilaridade;
- Resistência aos sais;
- Microscopia Eletrônica de Varredura, Espectrometria de Energia Dispersiva de Raios-X.

Tais ensaios forneceriam ainda informações mais aprofundadas quanto à natureza e comportamento dos materiais empregados.

Cabe destacar também a necessidade de acompanhamento da ala leste, cujo acesso foi limitado por conta de restrições de autorização e segurança. O ambiente encontra-se quase que permanentemente fechado, a ventilação é praticamente nula e a iluminação mínima. O forro em madeira apresenta elevado grau de deterioração e, por toda parte, podem-se encontrar excrementos de pombos típicos da região central da capital. Esses dejetos, além provocar deterioração dos materiais e prejuízos estéticos, também oferece riscos a saúde dos usuários, conforme relato dos próprios funcionários da casa de artesanato em funcionamento na ala oeste.

Referências Bibliográficas

ALVES, Giovane Pereira. **Sistemas de pintura em edifícios públicos de Maringá:** patologias, processos, execução e recomendações. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná, Maringá, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674:** manutenção de edificações – procedimento. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779:** argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1995.

BATTAGIN, A.F.; BATTAGIN, I.L.S. **O Cimento Portland no Brasil.** In: ISAIA, Geraldo C. (Org.). **MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2010.

BEZERRA, Ana Luísa Furquim. **As cores das fachadas de edificações históricas pintadas a cal.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

BIANCHIN, Adriane Ciliato. **Influência do proporcionamento dos materiais constituintes no desempenho de argamassas para rebocos de recuperação de alvenarias contaminadas por umidade e sais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BRAGA, Márcia (Org.). **Conservação e Restauro: arquitetura brasileira**. Rio de Janeiro: Rio, 2003.

CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIA, G. E. (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. cap. 26.

COLEMAN, Graham Roy. **As barreiras químicas contra a humidade e a substituição dos rebocos**. Tradução por António de Borja Araújo. Instituto superior Técnico, Lisboa, 2003.

COLIN, Sílvio. **Técnicas construtivas do período colonial**. IMPHIC – Instituto histórico. Disponível em: <http://imphic.ning.com/group/historiacolonial/forum/topics/arquitetura-colonial>>. Acesso em: Agosto de 2013.

COSTA, Débora Regina Magalhães da. **Aspectos críticos em obras de restauração arquitetônica no estado: a experiência do arquiteto Edgar Bittencourt da Luz**.

COUTINHO, Joana de Sousa. **Cal hidráulica e cal aérea**. Material de apoio às aulas da disciplina de Ciência dos Materiais (Licenciatura em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2002.

DENDIA, Ruth Cristina Sanabria. **IGREJAS TOMBADAS DO SÉCULO XVIII EM FLORIANÓPOLIS: aspectos históricos, construtivos e diagnóstico de problemas patológicos nas suas fachadas**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

DO que são compostas as tintas em geral?. Programa Setorial da Qualidade – Tintas Imobiliárias. Coordenação ABRAFATI. Disponível em: <<http://www.tintadequalidade.com.br/dicas/4-do-que-sao-compostas-as-tintas-em-geral/>>. Acesso em 20 set. 2013.

GIESELER, Sandra Elisa. **Reabilitação de edificações: particularidades na elaboração de orçamentos discriminados.** Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

GUIA Técnico Ambiental Tintas e Vernizes. Desenvolvido pela CETESB. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia/producao_limpa/documentos/tintas.pdf>. Acesso em: 20 set. 2013.

KANAN, Maria Isabel. **Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal.** Brasília, DF: Programa Monumenta/ Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 2008.

LERSCH, Inês Martina. **Contribuição para identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

LORENZETTI, Elizete Terezinha. **Análise das técnicas de intervenção em esquadrias de madeira e nos revestimentos argamassados da fachada de três edificações históricas dos séculos XIX e XX no estado do Paraná, sob o enfoque tecnológico e dos critérios de conservação patrimoniais.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e

Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

MAGALHÃES, Daniel Teixeira. **Inspeção, diagnóstico e controle da ascensão capilar de águas do terreno pelas alvenarias: aplicação na igreja de Cidadelhe**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2008.

MENDONÇA, Dafne Marques de. **Monitoramento Umidade** - Hall Antiga Alfândega de Florianópolis. Programa de Especialização em Patrimônio IPHAN / UNESCO, Santa Catarina, 2005.

MOTTA, Eunice Vargas. **Caracterização de argamassas de edificações históricas de Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

NAPPI, Sérgio Castello Branco. **Uma solução alternativa para prorrogação da vida útil dos rebocos com salinidade em edifícios históricos**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

NEVILLE, Adam Matthew. **Propriedades do Concreto**. São Paulo: Pini, 1997.

PÁSCOA, Liliana Sofia Neno. **Índice de secagem como parâmetro em serviço dos rebocos aplicados em paredes exteriores**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012.

POSSER, Natália Dilda. **Proporcionamento de argamassas para reboco de recuperação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

RODRIGUES, Maria Paulina Santos Forte de Faria. **Argamassas de revestimento para alveirarias antigas**: contribuição para o estudo da influência dos ligantes. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2004.

SCHÖNARDIE, Clayton Eduardo. **Análise e tratamento das manifestações patológicas por infiltração em edificações**. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.

SHERWIN-WILLIAMS. **Como corrigir problemas**. Disponível em: <<http://www.sherwin-williams.com.br/inspire-se/como-corrigir-problemas/>>. Acesso em: 14 out. 2013.

UEMOTO, Kai Loh. **Tintas na Construção Civil**. In: ISAIA, Geraldo C. (Org.). MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON, 2007.

VAZ, Marcelo Cabral; PEREIRA, Vanessa Maria. **Anteprojeto de restauração da antiga alfândega de Florianópolis**. Ministério da Cultura/Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Florianópolis, 2004.