



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

ARMANDO FELIPE DA SILVA

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS COM
REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS.
ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIOS EM FLORIANÓPOLIS**

FLORIANÓPOLIS

2007

Armando Felipe da Silva

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS COM
REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS.
ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIOS EM FLORIANÓPOLIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Curso de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina.

Área de concentração:
Sistemas e Processos Construtivos

Orientador: Prof. Dr. Fernando Barth

Florianópolis

2007

Aos meus pais, José Cipriano e Maria Clara,
aos meus irmãos: Carlos Roberto,
Cipriano Filho e
João José,
e à minha companheira, Valéria,
com muito amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus e aos meus pais, pelo dom da vida e pelo apoio incondicional nos momentos mais difíceis.

Ao professor Fernando Barth, pelo incentivo, pela paciência e por acreditar no meu potencial para a conclusão deste trabalho.

Ao professor Sérgio Nappi, pelas palavras e ensinamentos construtivos que tanto me auxiliaram.

Ao professor Wilson Silveira, pela confiança depositada e pelo incentivo.

Ao professor Ércio Thomaz, pelo incentivo, pelos materiais disponibilizados e pelos ensinamentos tão valiosos.

À professora Sônia Afonso, pela sua compreensão nos momentos mais difíceis.

À Fernanda Müller, pelo incentivo e contribuição na revisão do texto.

À Ivonete, pela atenção e dedicação durante todo o processo da Pós.

Ao amigo Carlos Antunes dos Santos, pelo incentivo e pelo auxílio nos momentos mais difíceis na elaboração deste trabalho.

Aos moradores dos edifícios estudados, pela compreensão e colaboração.

E, finalmente, a todos aqueles que, apesar de não estarem citados nesta página, me incentivaram e confiaram na conclusão desse trabalho.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	6
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	15
LISTA DE GRÁFICOS	17
RESUMO	18
ABSTRACT	19
1 INTRODUÇÃO	20
1.1 FORMULAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	21
1.1.1 HIPÓTESE.....	21
1.1.2 OBJETIVO GERAL.....	22
1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.1.4 MÉTODO.....	22
1.1.5 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO TRABALHO.....	25
2 CARACTERIZAÇÃO DOS REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS EM FACHADAS	27
2.1 HISTÓRICO.....	27
2.2 CONSTITUIÇÃO DAS ARGAMASSAS.....	28
2.2.1 Os aglomerantes.....	28
2.2.1.1 A argila.....	29
2.2.1.2 O gesso.....	29
2.2.1.3 A cal.....	30
2.2.1.4 O cimento Portland.....	31
2.2.2 Agregados.....	34
2.2.3 A pasta.....	35
2.3 COMPOSIÇÃO E USO DAS ARGAMASSAS.....	35
2.3.1 Tipos de argamassas.....	37
2.4 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO.....	40
2.4.1 Trabalhabilidade.....	40
2.4.2 Consistência e plasticidade.....	41
2.4.3 Retenção de água e de consistência.....	41
2.4.4 Massa específica aparente e teor de ar.....	42
2.4.5 Exsudação de água.....	42
2.5 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS NO ESTADO ENDURECIDO.....	43
2.5.1 Resistência mecânica.....	43
2.5.2 Módulo de deformação.....	43
2.5.3 Aderência.....	44
2.5.4 Permeabilidade.....	44
3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM RAF	45
3.1 PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES.....	45
3.1.1 Origem.....	45
3.1.2 Causas.....	46
3.1.3 Conseqüências.....	46
3.1.4 Trincas e fissuras.....	49
3.1.4.1 Trincas e fissuras causadas por movimentações térmicas.....	49
3.1.4.2 Trincas e fissuras causadas por movimentações higroscópicas.....	55
3.1.4.3 Trincas e fissuras causadas por atuação de sobrecargas.....	56
3.1.4.4 Trincas e fissuras causadas por deformação excessiva de estrutura de concreto armado.....	57
3.1.4.5 Trincas e fissuras causadas por recalques de fundação.....	58
3.1.4.6 Trincas e fissuras causadas por retração de produtos a base de cimento.....	59
3.1.4.7 Trincas e fissuras causadas por alterações químicas dos materiais de construção.....	60
3.1.4.8 Trincas e fissuras causadas por hidratação retardada de cales.....	60

3.1.4.9	Trincas e fissuras causadas por ataques de sulfatos	61
3.1.4.10	Trincas e fissuras causadas por corrosão de armaduras	62
3.1.5	<i>Biodeterioração</i>	65
3.1.5.1	Fatores bióticos	66
3.1.5.2	Os fungos.....	66
3.1.5.3	As algas	69
3.1.5.4	Os líquens.....	69
3.1.5.2	Fatores abióticos	70
3.1.6	<i>Umidade em fachadas</i>	71
3.1.6.1	Mecanismo de transporte de umidade nos materiais	72
3.1.6.2	Origem da umidade	73
3.1.6.2.1	Umidade do terreno	73
3.1.6.2.2	Umidade de construção	74
3.1.6.2.3	Umidade por precipitação	75
3.1.6.2.4	Umidade de condensação	78
3.1.6.2.5	Umidade provinda do terreno e ação do fenômeno de higroscopicidade	79
4	ANÁLISE DOS ESTUDOS DE CASO	81
4.1	CRITÉRIOS NA ESCOLHA DOS ESTUDOS DE CASO	81
4.2	COLETA DAS INFORMAÇÕES	82
4.3	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO DE FLORIANÓPOLIS	82
4.4	CASO A - EDIFÍCIO TRINDADE	84
4.4.1	<i>Localização e entorno imediato</i>	84
4.4.2	<i>Descrição do edifício</i>	85
4.4.3	<i>Documentação</i>	86
4.4.4	<i>Características do projeto</i>	86
4.4.4.1	Planta baixa	86
4.4.4.2	Descrição das fachadas	86
4.4.4.3	Influência das condições climáticas nas fachadas.....	89
4.4.5	<i>Registro e descrição das manifestações patológicas</i>	89
4.4.5.1	Descrição da Anomalia A1	89
4.4.5.2	Descrição da anomalia A2.....	94
4.4.5.3	Descrição da anomalia A3.....	97
4.4.5.4	Descrição da anomalia A4.....	100
4.4.5.5	Descrição da anomalia A5.....	103
4.4.5.6	Descrição da anomalia A6.....	105
4.4.5.7	Descrição da anomalia A7.....	108
4.5	CASO B - EDIFÍCIO ESTREITO.....	110
4.5.1	<i>Localização e entorno imediato</i>	111
4.5.2	<i>Descrição do edifício</i>	112
4.5.3	<i>Documentação</i>	113
4.5.4	<i>Características do projeto</i>	113
4.5.4.1	Planta baixa	113
4.5.4.2	Descrição das fachadas	113
4.5.4.3	Influência das condições climáticas nas fachadas.....	115
4.5.5	<i>Registro e descrição das manifestações patológicas</i>	116
4.5.5.1	Descrição da anomalia B1	116
4.5.5.2	Descrição da Anomalia B2	119
4.5.5.3	Descrição da anomalia B3	120
4.5.5.4	Descrição da Anomalia B4	122
4.5.5.5	Descrição da anomalia B5.....	125
4.6	CASO C – EDIFÍCIO INGLESES.....	128
4.6.1	<i>Localização e entorno imediato</i>	128
4.6.2	<i>Descrição do edifício</i>	129
4.6.3	<i>Documentação</i>	129
4.6.4	<i>Características do projeto</i>	130
4.6.4.1	Planta baixa	130
4.6.4.2	Descrição das fachadas	130
4.6.4.3	Influência das condições climáticas nas fachadas.....	132
4.6.5	<i>Registro e descrição das manifestações patológicas</i>	132
4.6.5.1	Descrição da anomalia C1.....	132

4.6.5.2 Descrição da anomalia C2.....	134
4.6.5.3 Descrição da anomalia C3.....	136
4.6.5.4 Descrição da anomalia C4.....	138
4.6.5.5 Descrição da anomalia C5.....	140
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	143
5.1 EFEITOS OCORRIDOS NO RAF.....	145
5.1.1 Edifício Trindade.....	145
5.1.2 Edifício Estreito.....	145
5.1.3 Edifício Ingleses.....	146
5.2 CAUSAS DE ANOMALIAS NO RAF.....	146
5.2.1 Edifício Trindade – Caso A.....	146
5.2.2 Edifício Estreito – Caso B.....	147
5.2.3 Edifício Ingleses.....	148
5.3 ORIGENS DAS ANOMALIAS DO RAF.....	148
5.3.1 Edifício Trindade.....	148
5.3.2 Edifício Estreito.....	149
5.3.3 Edifício Ingleses.....	150
5.4 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA UMIDADE NAS CAUSAS DAS ANOMALIAS OBSERVADAS.....	152
5.4.1 Edifício Trindade.....	152
5.4.2 Edifício Estreito.....	153
5.4.3 Edifício Ingleses.....	154
5.5 PROPOSTAS DE MANUTENÇÃO REPARATIVA E PREVENTIVA.....	155
5.5.1 Edifício Trindade.....	155
5.5.2 Edifício Estreito.....	157
5.5.3 Edifício Ingleses.....	157
5.7 ANÁLISE CONJUNTA DOS EFEITOS, CAUSAS E ORIGENS DAS ANOMALIAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO.....	159
5.8 ANÁLISE CONJUNTA DAS CAUSAS DAS ANOMALIAS IDENTIFICADAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO.....	159
5.9 ANÁLISE CONJUNTA DAS ORIGENS DAS ANOMALIAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO	160
5.10 ANÁLISE CONJUNTA DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA UMIDADE NAS CAUSAS DAS ANOMALIAS OBSERVADAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO.....	161
5.11 ANÁLISE CONJUNTA DA INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR NAS ANOMALIAS DAS FACHADAS NOS TRES ESTUDOS DE CASO.....	163
5.12 ANÁLISE CONJUNTA DAS PROPOSTAS DE MANUTENÇÃO REPARATIVA DAS ANOMALIAS OBSERVADAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO.....	164
5.13 ANÁLISE CONJUNTA DAS PROPOSTAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA CONTRA AS ANOMALIAS OBSERVADAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO.....	165
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	166
6.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MÉTODO UTILIZADO NESTE TRABALHO.....	166
6.2 CONSIDERAÇÕES QUANTO AOS EFEITOS DAS ANOMALIAS SOBRE O RAF.....	167
6.3 CONSIDERAÇÕES QUANTO AS CAUSAS DAS ANOMALIAS.....	167
6.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ORIGENS DAS ANOMALIAS ENCONTRADAS NO RAF ...	168
6.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR NAS ANOMALIAS DAS FACHADAS DOS TRÊS EDIFÍCIOS.....	168
6.6 CONSIDERAÇÕES DAS PROPOSTAS DE MANUTENÇÕES REPARATIVAS.....	169
6.7 CONSIDERAÇÕES DAS PROPOSTAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA CONTRA AS ANOMALIAS OBSERVADAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO.....	169
6.8 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	170
REFERÊNCIAS.....	171
ANEXOS.....	177

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Método de Lichtenstein para resolução dos problemas patológicos	23
Figura 2 - Adaptação do método de Lichtenstein para resolução dos problemas patológicos	24
Figura 3 - Lei de evolução de custos (SITTER, 1984).....	47
Figura 4 - a) Destacamento entre alvenaria e estrutura, provocado por movimentações térmicas diferenciadas. (THOMAZ, 1992); b) Trincas de cisalhamento nas alvenarias, provocadas por movimentações térmicas da estrutura decorrentes do aquecimento das paredes (THOMAZ, 1992)...	51
Figura 5 - Fatores de majoração de esforços ao longo de janela numa parede. Atuação de cargas verticais e horizontais atuando na altura dos respaldos de parede com abertura (UTKU,1976).....	52
Figura 6 - Fissuras nos cantos das janelas decorrentes da inexistência de vergas e/ou ontra-vergas (THOMAZ, 1992)	53
Figura 7 - Propagação das tensões numa laje de cobertura com bordos vinculados devido a efeitos térmicos (THOMAZ, 1992).....	54
Figura 8 - Trinca típica do topo da laje: a direção das fissuras perpendiculares com relação às resultantes de tração indica o sentido da movimentação térmica, no caso da esquerda para a direita (THOMAZ, 1992).....	54
Figura 9 - Trinca típica do topo da parede (THOMAZ, 1992)	54
Figura 10 - Típica trinca no topo da parede e destacamento da platibanda por movimentações térmicas da laje (THOMAZ, 1992).....	54
Figura 11 - Fissuras decorrentes da retração da argamassa provocadas pela falha da pintura e exposição contínua da parede a água da chuva (THOMAZ, 1992).....	55
Figura 12 - O fluxo de água interceptado do peitoril da janela escorre lateralmente, provocando a fadiga do reboco desenvolvendo sua fissuração (THOMAZ, 1992).....	55
Figura 13 - Fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical (Argilés, 1999)	56
Figura 14 - Típicas trincas horizontais na alvenaria, portanto, provenientes de sobrecarga no topo fora do eixo de gravidade da parede (Thomaz, 1989).....	56
Figura 15 - Típica fissura de ruptura pontual da alvenaria sob o ponto da aplicação da carga e propagação de fissuras a partir deste ponto (Argilés, 1999)	56
Figura 16 - Deformação da viga de apoio maior que a viga superior, causando o fissuramento da alvenaria (THOMAZ, 1992).....	56
Figura 17 - Trincas em parede de vedação decorrente da deformação da viga superior ser maior que a viga de sustentação (THOMAZ, 1992).....	57
Figura 18 - Trincas na alvenaria decorrente da deflexão da região em balanço da viga (THOMAZ, 1992).....	57

Figura 19 - Trinca horizontal na base da parede provocada pela deformação excessiva da laje (THOMAZ, 1992).	58
Figura 20 - Trincas típicas, provenientes de recalques diferenciados entre pilares (THOMAZ, 1992).	58
Figura 21 - Destacamento provocado pelo abatimento da alvenaria recém construída	60
Figura 22 - Fissuras de retração em concreto armado, causadas pela elevadíssima quantidade de cimento e/ou relação água-cimento do concreto (THOMAZ, 1992)	60
Figura 23 - Fissuras horizontais no revestimento provocadas pela expansão da argamassa de assentamento (THOMAZ, 1992).	61
Figura 24 - Expansão da argamassa de assentamento decorrente da presença de sulfatos (THOMAZ, 1992).	61
Figura 25 - Fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque por sulfatos na argamassa de assentamento com argila da alvenaria (Thomaz, 1992)	62
Figura 26 - Típica forma de fissuras em viga de concreto, particularmente nas posições dos estribos. Geralmente estas fissuras são acompanhadas pelo destacamento da camada de proteção	64
Figura 27 - Típica forma de fissuras e lascamento em viga de concreto, paralela às armaduras inferiores. Geralmente estas fissuras são acompanhadas pelo destacamento da camada de proteção (HELENE, 1993)	65
Figura 28 - Típica forma de fissuras e lascamento em pilar de concreto paralelamente às armaduras verticais. Geralmente estas fissuras são acompanhadas pelo destacamento da camada de proteção.	65
Figura 29 - Foto ampliada mostrando o aspecto da textura de colônia de fungos.	67
Figura 30 - Exemplo de líquen (G.L. Bernard, acessado em < http://campus.fortunecity.com/yale/757/Liquens.htm >)	70
Figura 31 - Fases de interação da água nas fachadas (ARGILÉS, 1999).	76
Figura 32 - Lavagem diferencial: (A) transporte de partículas nos planos das fachadas; (B) depósito de partículas onde o fluxo de água é mais lento; (C) surgimento de áreas lavadas e outras com acúmulo de partículas (BARTH, 1998).	76
Figura 33 - Lavagem diferenciada em fachadas – (A) aspecto das manchas entre as placas e (B) vista superior – nas reentrâncias o escoamento das gotas de água é mais lento do que nas extremidades (ARGILÉS, 1999).	77
Figura 34 - Tipos de infiltrações em paredes – (A) infiltração de água por gravidade associadas à capilaridade e à pressão do vento; (B) infiltração de água através de meio poroso associada à capilaridade e à ação da pressão do vento; (C) água da chuva sob ação do vento em junta defeituosa (ARGILÉS, 1999).	78
Figura 35 - a) Sais depositados na porosidade do material; b), c) e d) aumento do volume das partículas de sal no decorrer de suas cristalizações, provocando tensões internas no material, desencadeando sua desagregação (ARGILÉS; 1999).	80

Figura 36 – Localização dos edifícios em Florianópolis- SC.	81
Figura 37 - Mapa da umidade relativa anual média em Santa Catarina - Epagri (2002)	83
Figura 38 - Foto da fachada Sudeste do Ed. Trindade (Caso A)	84
Figura 39 - Situação do lote no bairro (adaptado, IPUF -2006)	84
Figura 40 – Implantação do edifício no lote e orientação solar (sem escala)	85
Figura 41 - Vista da fachada Sudeste	87
Figura 42 - Vista da fachada Nordeste.....	87
Figura 43 - Foto da fachada Noroeste.....	88
Figura 44 – Fissuras no RAF e manchas de bolor no pilar situado na garagem térrea	90
Figura 45 - Detalhe das fissuras	90
Figura 46 – Escarificação manual (HELENE, 1986)	92
Figura 47 – Lixamento manual	92
Figura 48 - Aplicação de protetor de armadura (HELENE, 1986).....	93
Figura 49 – Vista da fachada oeste e sul.....	94
Figura 50 - detalhe do aspecto do revestimento superficial abaixo da janela do BWC, danificado pela ação da umidade e de micro-organismos.....	94
Figura 51- Perpectiva do protetor de platibanda com pingadeiras nas extremidades inferiores	96
Figura 52 - Corte do respectivo protetor de platibanda. (ARGILÉS, 1999)	96
Figura 53 - Registra o posicionamento das demais rachaduras, todas localizadas no alinhamento das saídas pluviais.....	98
Figura 54 - Rachaduras no RAF decorrentes da corrosão das armaduras da viga.....	98
Figura 55 - Pontos passíveis de infiltração (ARGILÉS, 1999. p. 61, adaptado).....	99
Figura 56 - Fissuras generalizadas em todo o reboco da fachada noroeste.	100
Figura 57 - Detalhe das fissuras em forma mapeada.....	100
Figura 58 - Fissura na interface da alvenaria com pilar.....	103
Figura 59 - Recuperação de destacamento entre pilar e alvenaria com a utilização	104
Figura 60 - Recuperação de fissura dinâmica com selante flexível; (a) dimensões ideais da cavidade; (b) preenchimento da cavidade com o vedante flexível (THOMAZ, 1992).....	105

Figura 61 - Decomposição pontual do RAF da platibanda da fachada nordeste	105
Figura 62 - Detalhe da decomposição do RAF	105
Figura 63 - Desagregamento do RAF e da tinta da região da platibanda junto a calha.....	107
Figura 64 - Calha com impermeabilização em avançado estado de deterioração junto a platibanda com o RAF danificado.....	107
Figura 65 - Manchas escuras provenientes de micro-organismos fixados à pintura	108
Figura 66 - Inexistência de escoamento definido e marcas de microorganismos na parede externa do reservatório superior	109
Figura 67 - Foto da fachada sudoeste do edifício Estreito.....	110
Figura 68 - Mapa de localização – IPUF	111
Figura 69 - Localização do bloco A no lote.....	111
Figura 70 - Registro da diferença de nível do térreo à rua.....	111
Figura 71 - Vegetação vizinha muito próxima a fachada Oeste.....	111
Figura 72 - Marcas das intervenções realizadas sobre as fissuras	112
Figura 73 - Detalhe da marca da impermeabilização das fissuras realizada em 1999.	112
Figura 74 - Registro dos volumes provocados pelas sacadas em balanço na fachada Leste.	114
Figura 75 - Ângulo da fachada sul que dá a impressão de ser dois blocos distintos.	114
Figura 76 - Torre da escadaria e do reservatório superior.....	115
Figura 77 - Aspecto da fachada sudoeste totalmente manchada.....	116
Figura 78 - Aspecto da fachada sudeste com as sacadas e paredes manchadas por sujidades e por microorganismos. É possível observar que as paredes protegidas pelas sacadas se encontram com menor intensidade de manchas.	117
Figura 79 - Fissura vertical junto ao pilar situado na fachada Oeste.....	119
Figura 80 - Fissuras existentes junto a parede da escadaria situada junto à fachada noroeste.	121
Figura 81 – Detalhe da fissura.	121
Figura 82 - Fissuramento do RAF nas paredes em torno do reservatório superior	123
Figura 83 - Fissura horizontal na interface da platibanda com a laje de cobertura.....	125
Figura 84 - Inclusão de tela de estuque sobre a interface da alvenaria com a estrutura.....	127

Figura 85 - Foto da fachada frontal (entrada) do edifício Ingleses	128
Figura 86 - Mapa de localização – IPUF (adaptado).....	128
Figura 87 - Localização do mangue do Rio dos Ingleses e do bloco A no terreno.	128
Figura 88 - Vista das fachadas oeste (a) e leste (b): utilização de revestimento cerâmico em faixas horizontais intercaladas entre os pavimentos	131
Figura 89 - Reentrância da fachada sul, onde estão localizadas as janelas das áreas de serviços bem como a torre da escadaria e do reservatório superior.	131
Figura 90 - Fissura com inclinação próxima de 45° no cantos inferior da janela.....	133
Figura 91 - Rachaduras no RAF decorrentes da corrosão das armaduras da viga e empolamento da pintura junto ao teto (indicado pelas setas).....	135
Figura 92 – Fissuras existentes junto a parede da escadaria em torno do barrilhete, situada na fachada oeste.....	136
Figura 93 - Fissura na interface da alvenaria com pilar.....	138
Figura 94 - Parede da reentrância dos setores de serviço com sujidade na região superior. Parede com orientação ao sul.....	140
Figura 95 - Sujidades nas platibandas próximas às sacadas. Parede com orientação ao sul.....	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de óxidos do cimento após sua elaboração Petrucci (1993).....	32
Tabela 2 - Classificação dos tipos de cimento Portland no Brasil (ABCP, 2002).....	33
Tabela 3 - Espessura mínima e máxima do revestimento (NBR 13749, p. 2.).....	39
Tabela 4 - Limites de resistência à tração (Ra) para emboço camada única (NBR 13749, 1996).....	40
Tabela 5 - Manifestações patológicas nos revestimentos: causas prováveis.....	48
Tabela 6 - Refletância de cores através de análise espectral	50
Tabela 7 - Propriedades dos materiais e componentes de revestimento (SATO, 2000)	69
Tabela 8 - Altura da água em relação ao diâmetro dos capilares Eichler (apud Nappi, 1995)	73
Tabela 9 - Aumento de volume dos sais devido à hidratação (WILIMZIG, 2003. p. 16).....	79
Tabela 10 - Manifestações patológicas nos revestimentos: prováveis causas e reparos.....	102
Tabela 11 - Anomalias analisadas no Edifício Trindade – Caso A: prováveis origens, causas e efeitos	143
Tabela 12 - Anomalias analisadas no Edifício Estreito - Caso B: prováveis origens, causas e efeitos	144
Tabela 13 - Anomalias analisadas no Edifício Ingleses - Caso C, com suas prováveis origens, causas e efeitos.....	144
Tabela 14 - Classificação das anomalias quanto ao tipo de efeitos analisados no Ed. Trindade.....	145
Tabela 15 - Classificação das anomalias quanto ao tipo de efeitos analisados no Ed. Estreito.....	145
Tabela 16 - Classificação das anomalias quanto ao tipo de efeitos analisados no Ed. Ingleses	146
Tabela 17 - Causas das anomalias observadas no Ed. Trindade	147
Tabela 18 - Causas das anomalias observadas no Ed. Estreito.....	147
Tabela 19 - Causas das anomalias observadas no Ed. Ingleses	148
Tabela 20 - Tabela comparativa das prováveis origens de anomalias observadas no Ed. Trindade .	149
Tabela 21 - Tabela comparativa das origens de anomalias do Caso B.....	150
Tabela 22 - Tabela comparativa quanto as origens das anomalias do Caso C.....	151
Tabela 23 - Influência da temperatura e da umidade nas anomalias do Ed. Trindade	152
Tabela 24 - Influência da temperatura e da umidade nas anomalias do Edif. Estreito.....	153

Tabela 25 - Influência da temperatura e da umidade nas anomalias do Ed. Ingleses	154
Tabela 26 - Reparos e manutenção dos mesmos nas anomalias observadas no Edif. Trindade	156
Tabela 27 - Reparos e manutenção dos mesmos nas anomalias observadas no	157
Tabela 28 - Reparos e manutenção dos mesmos nas anomalias observadas no Edif. Ingleses	158
Tabela 29 - Influência da temperatura e da umidade nas anomalias presentes nos três estudos de caso	162
Tabela 30 - Influência da radiação solar no desenvolvimento das anomalias em relação a orientação solar das fachadas	164

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resistência à compressão da alvenaria em função da resistência à compressão da argamassa de assentamento (BRE, 1982).....	37
Gráfico 2 - Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis (GRUNAU, 1981)	46
Gráfico 3 - Percentual de retração nas argamassas em relação as quantidades de (a) cimento e (b) água (THOMAZ, 2003)	75
Gráfico 4 - Origens das anomalias observadas no Ed. Trindade.....	149
Gráfico 5 - Origens das anomalias - Ed. Estreito.....	150
Gráfico 6 - Origens das anomalias observadas no Ed. Ingleses	151
Gráfico 7 - Influência da temperatura e umidade nas anomalias observadas no Edifício Trindade....	153
Gráfico 8 – Influência da temperatura e da umidade no Ed. Estreito	154
Gráfico 9 – Influência da temperatura e da umidade no Ed. Ingleses.....	155
Gráfico 10 - Tipos de efeitos provocados no RAF nos três estudos de caso.....	159
Gráfico 11 - Causas dos efeitos no RAF dos três estudos de caso	160
Gráfico 12 - Origens das anomalias dos três estudos de caso	161
Gráfico 13 – Influência da temperatura e da umidade nos três estudos de caso.....	163
Gráfico 14 – Incidência das ações reparativas	165

RESUMO

Este trabalho analisa as manifestações patológicas que interferem nos revestimentos argamassados das fachadas de três edifícios residenciais com múltiplos pavimentos, situados em Florianópolis. Observa-se que, devido aos edifícios serem executados com sistemas construtivos convencionais e apresentarem pouco controle de qualidade nos serviços e materiais empregados, as manifestações patológicas encontradas nas fachadas dessas construções, independentemente de sua idade, costumam ser as mesmas. A falta de informação aos usuários sobre a necessidade de manutenção preventiva e reparativa dos edifícios contribui para a deterioração das fachadas em muitos edifícios situados em Florianópolis. Assim sendo, busca-se demonstrar com esse trabalho que as manifestações patológicas encontradas nesses três casos não estão somente vinculadas à qualidade do reboco, mas, sobretudo, à falhas de projeto e de execução, bem como à falta de manutenção nos sistemas estruturais e em elementos construtivos, tais quais calhas, lajes de cobertura, pingadeiras, box de banheiros e paredes externas.

Palavras-chave: Fachada; Patologia; Revestimento argamassado; Reboco.

ABSTRACT

This work analyzes the pathological manifestations that intervene with coverings mortar in facade of three residential buildings with multiple floors, situated in Florianópolis. We observed that because of these buildings be executed with conventional constructive systems and present little employed quality control in the services and materials, the pathological manifestations found in the facades of these buildings independent of its age, frequently used to be the same ones. The lack of information of the users how much the necessity of preventive and repair maintenance. of the buildings, contributes for the deterioration of the facades, in many buildings situated in Florianópolis. In this work, one searches to demonstrated that the pathological manifestations in these three buildings, only are not tied the quality render, but mainly for execution and project imperfections, as well as for the lack of maintenance in the structural system and the constructive elements such as: gutters, flagstone of covering, dripping-pan, box of bathrooms and external walls of the buildings.

Key words: facade, Pathology, covering mortar, render

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, em detrimento de outros sistemas de revestimento, há uma preponderância na utilização do reboco nas fachadas dos edifícios. Esse fato é facilmente observável; seu emprego pode ser atribuído, sobretudo, ao seu baixo custo e à cultura popular existente, fundamentada nas raízes culturais portuguesas.

Assim sendo, o desenvolvimento de novos materiais de revestimento superficial de fachada aderidos ao reboco é uma constante. Todavia, diante da diversidade de opções que chegam ao mercado todos os anos, como granilhas, revestimentos cerâmicos e de porcelanato, pastilhas à base de resinas, plaquetas cerâmicas, fulge, texturas e tintas, entre outros, é necessário que sejam tomados os devidos cuidados. O primeiro deles, diz respeito à observação das propriedades químicas e físicas das argamassas, como forma de conseguir um desempenho satisfatório do substrato para os materiais de revestimento. Ainda assim, apenas a qualidade do reboco não é suficiente para garantir um bom desempenho das fachadas, devendo ser levados em conta fatores construtivos que envolvem desde a elaboração dos projetos até a execução da edificação. O desempenho das fachadas depende também da prevenção e da manutenção do edifício, uma atribuição que recai sobre os usuários sem que eles recebam as devidas orientações das construtoras.

Em Florianópolis há vários edifícios construídos no século passado com estrutura de concreto armado e paredes de vedação, sendo que muitos deles apresentam pouco controle de qualidade dos materiais e nas técnicas empregadas na execução.

Em geral, os moradores dos edifícios percebem a necessidade de realizar reparos nas fachadas quando as manifestações patológicas tornam-se muito evidentes. Desse modo, somente após a deterioração tornar-se muito evidente é que síndicos, conselheiros e moradores iniciam o processo de levantamento de custos, aprovação das despesas em assembléias condominiais específicas e rateios para a realização dos reparos. Tal demora faz com que o edifício fique exposto por um

tempo ainda mais longo ao processo de deterioração, agravando sensivelmente o problema até que os moradores consigam arrecadar os recursos necessários para a realização dos serviços. Na prática, esse tempo costuma variar de seis a vinte e quatro meses, um período considerável, possibilitando um aumento no orçamento de materiais e de mão de obra. Além disso, ocorre um acréscimo do preço total acarretado pelo aumento da quantidade de serviço, visto que as novas manifestações patológicas que se manifestaram no tempo de espera normalmente não são contabilizadas num orçamento inicial.

1.1 FORMULAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação foi desenvolvida com a intenção de caracterizar, através de estudos de caso, a situação atual das fachadas com argamassa de revestimento com função de substrato para revestimentos superficiais em três edifícios residenciais em Florianópolis, tendo como enfoque principal as manifestações patológicas que interferem nas propriedades físicas do reboco. Para tanto, buscou-se avaliar, através do estudo de literatura específica e de observação direta os efeitos, causas e origens dos tipos de manifestações patológicas que neles se manifestam.

1.1.1 HIPÓTESE

As manifestações patológicas, em sua maioria, não estão somente vinculadas à qualidade do reboco no seu estado endurecido. Estão, principalmente, interligadas as falhas de projeto e de execução, da pouca qualidade dos materiais de construção empregados, bem como pela falta de manutenção nos sistemas estruturais e de elementos construtivos tais como: telhados, calhas, lajes, paredes das fachadas, interface de esquadrias, platibandas sem proteção, impermeabilização de sacadas, de boxes de banheiros e de paredes externas dos edifícios.

1.1.2 OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como objetivo principal analisar as manifestações patológicas que interferem diretamente no reboco e que, conseqüentemente, afetam os revestimentos superficiais e pinturas das fachadas de três edifícios residenciais de múltiplos pavimentos situados em Florianópolis.

1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Classificar as manifestações patológicas observadas no reboco das fachadas dos três casos estudados;
- Analisar, através dos efeitos, as prováveis causas e origens das manifestações patológicas observadas no reboco das fachadas dos edifícios;
- Gerar tabelas e gráficos comparativos dos tipos de manifestações patológicas observadas nos estudos de caso;
- Propor recomendações para a prevenção e a manutenção das fachadas que contribuam para o aumento da vida útil dos revestimentos superficiais e do reboco argamassado.

1.1.4 MÉTODO

Como o método escolhido foi o de estudo de caso, adotou-se como referência para o seu desenvolvimento a metodologia de Lichtenstein (1986), conforme descrito na figura 1:

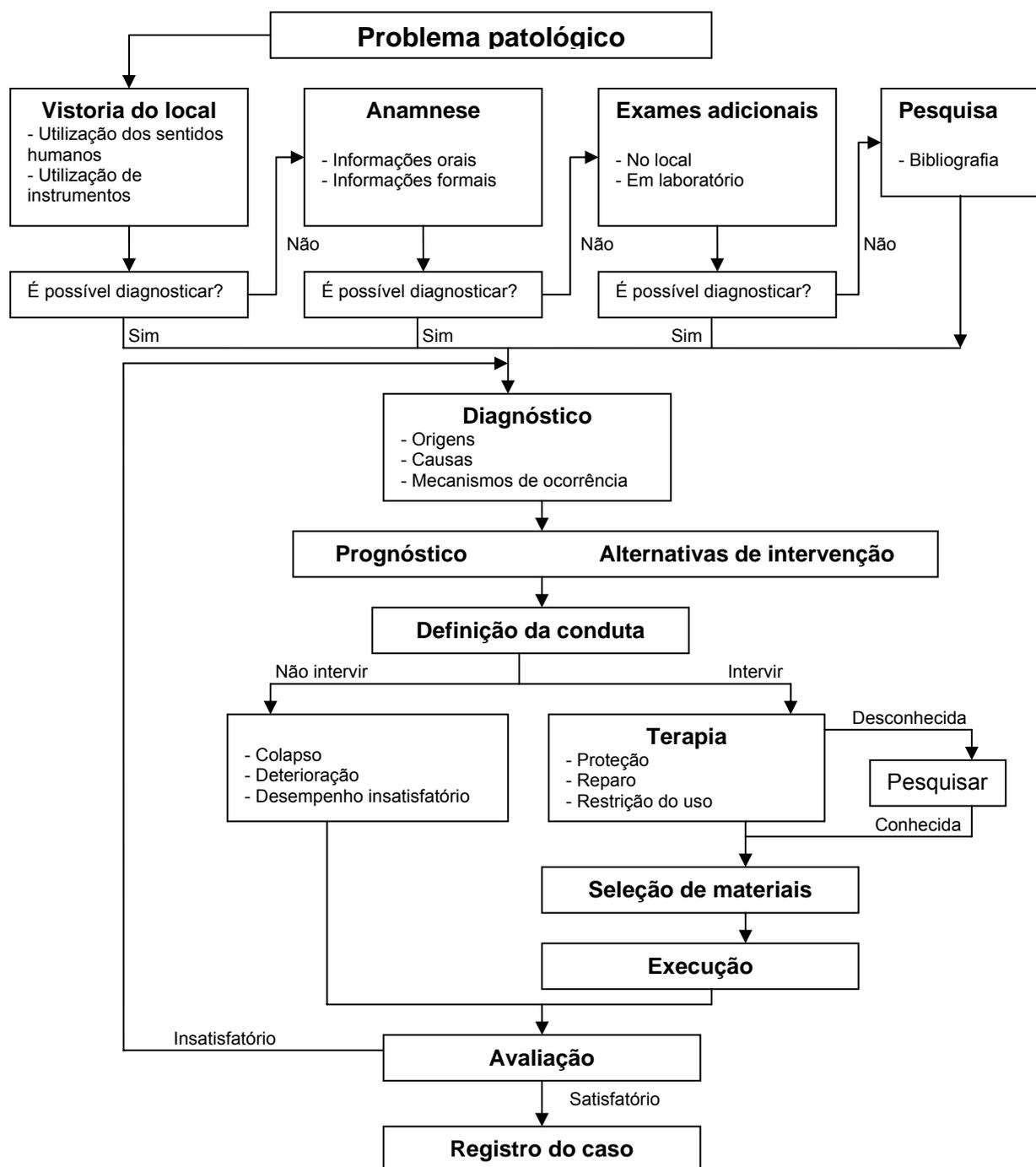


Figura 1 - Metodologia de Lichtenstein para resolução dos problemas patológicos
 Fonte: Patologia das construções. **Boletim Técnico nº 06 da USP**. São Paulo: USP, 1986.

Contudo, como não é o objetivo do trabalho executar e avaliar os resultados das ações reparativas das anomalias, optou-se pela adaptação do método às nossas necessidades, conforme mostra a figura 2:

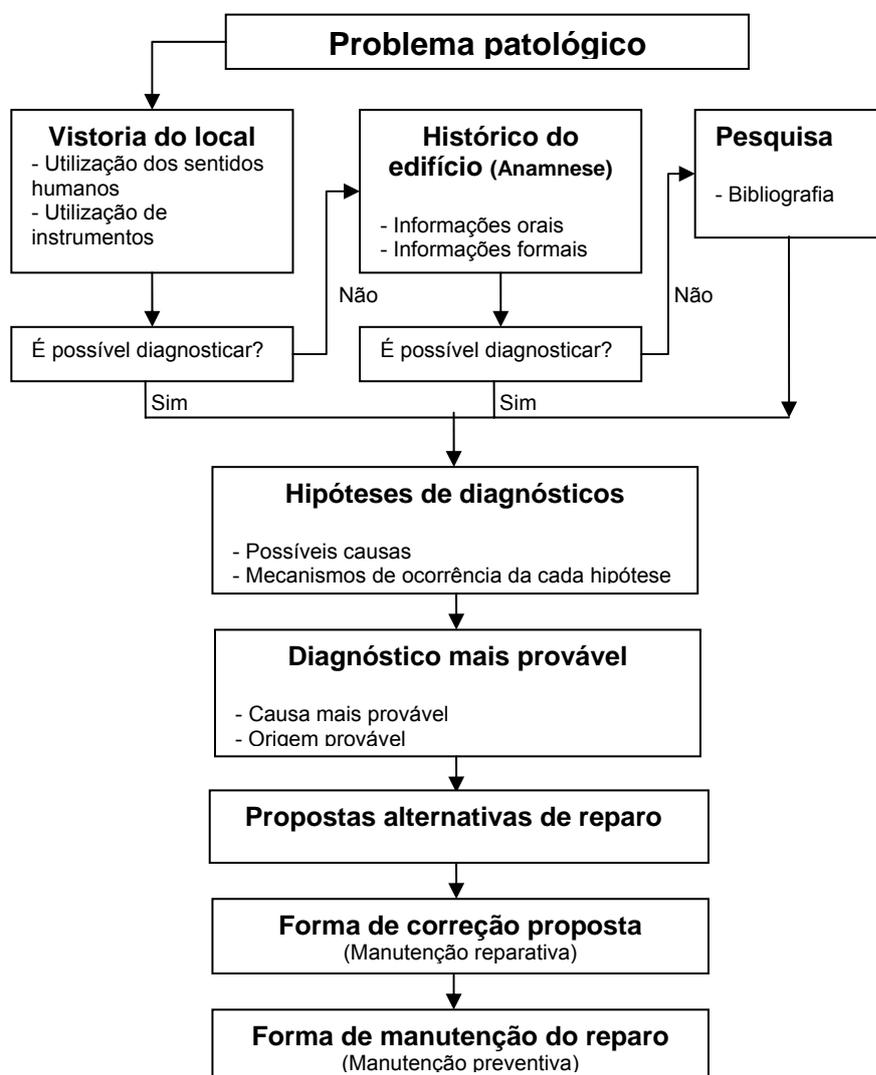


Figura 2 - Adaptação da metodologia de Lichtenstein para resolução dos problemas patológicos

Graças à adaptação da metodologia de Lichtenstein, foi possível percorrer um caminho mais curto e simplificado, visto que não foram utilizadas as etapas de exames adicionais e de execução das terapias do método original, mesmo porque não é objetivo deste trabalho realizar exames laboratoriais sobre as propriedades físicas e químicas dos rebocos dos estudos de caso.

Essa trajetória foi iniciada com a vistoria dos locais e o levantamento do histórico dos edifícios. A vistoria consistiu na verificação dos efeitos das anomalias existentes utilizando os sentidos da visão, do olfato, da audição e do tato. Quando

houve condições de desenvolver hipóteses de diagnósticos prováveis, partiu-se para a segunda etapa; quando não houve, foi avaliado o histórico do edifício: a idade da construção; quando e quais manutenções que foram realizadas; o período em que iniciaram as anomalias; e a catalogação dos projetos, quando disponíveis, de modo a auxiliar na definição das prováveis hipóteses.

A segunda etapa foi a formulação das hipóteses de diagnósticos das causas e origens das anomalias analisadas durante a etapa de vistoria do local dos estudos de caso. As formulações das hipóteses foram baseadas na semelhança dos casos encontrados com aqueles citados pelos autores referenciados neste trabalho. Com base nas hipóteses de diagnóstico levantadas durante a segunda etapa, foi definido o diagnóstico mais provável de cada tipo de anomalia. Com o diagnóstico mais provável definido, verificou-se as possibilidades de alternativas de manutenções reparativas. Na seqüência, foram sugeridas as alternativas de manutenção para os reparos recomendados.

Algumas limitações foram encontradas no desenvolvimento desse trabalho, merecendo destaque as informações incompletas referentes a execução da construção, a impossibilidade de obtenção de amostras de reboco através de processo destrutivo e a inexistência de projetos complementares.

1.1.5 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO TRABALHO

Com o intuito de melhor organizar e apresentar os dados obtidos na forma de uma dissertação, o trabalho foi estruturado em seis capítulos. O primeiro, aborda a justificativa da dissertação, a forma como o método foi desenvolvido e quais resultados estavam previstos. O segundo, desenvolve os conceitos básicos pertinentes ao estudo de Revestimentos Argamassados de Fachadas (doravante denominados RAF), iniciando pela descrição de seu histórico, partindo para sua constituição, aborda seus principais componentes: aglomerantes, agregados e a pasta, bem como descreve as propriedades necessárias para o bom desempenho das argamassas, conforme especifica a norma NBR 13749 (1996).

O terceiro capítulo foi dedicado ao estudo das manifestações patológicas mais freqüentes em revestimento argamassados em fachadas, fornecendo conceitos

e esclarecimentos sobre os fenômenos que interferem diretamente nessas manifestações.

O quarto capítulo ateu-se à análise dos estudos de caso, demonstrando os critérios da escolha das amostras, descrevendo o método utilizado, o histórico de cada caso e as manifestações patológicas encontradas, abordando, ainda que de modo sintético, a influência das ações climáticas nas fachadas dos estudos de caso.

O capítulo cinco, por sua vez, apresenta as análises e os resultados dos três estudos de caso, demonstrando através de tabelas e de gráficos comparativos os efeitos, as causas e as origens das manifestações patológicas observadas nos edifícios, bem como a influência da temperatura e da umidade nas anomalias .

Encerrando o presente trabalho, o capítulo seis apresenta as considerações finais: expõe as conclusões, com relação aos efeitos, às causas e às origens, bem como, com relação a influência da temperatura e da umidade nas anomalias observadas. Esse capítulo conta ainda com a apresentação das propostas de reparos e de manutenção dos mesmos, finalizando com as sugestões para a realização de trabalhos futuros.

2 CARACTERIZAÇÃO DOS REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS EM FACHADAS

2.1 HISTÓRICO

Os revestimentos argamassados em fachadas (RAF) são utilizados desde os primórdios, quando as paredes em alvenarias de pedra ou de blocos cerâmicos formavam um sistema de estrutura portante, assentado e revestido com argamassas a base de argila, de cal, de cinza e de areia. Nessas paredes portantes, as cargas provenientes do peso próprio do edifício eram distribuídas de maneira uniforme das alvenarias até as fundações, evitando a concentração de esforços e reduzindo assim o surgimento de fissuras e de rachaduras, pois as deformações eram absorvidas pelas argamassas de assentamento (PETRUCCI, 1975).

Segundo Venaut (1980), a mais antiga aplicação da cal como aglomerante data do ano 5.600 a.C., quando foi utilizada para a construção de uma laje de 25 cm de espessura no pátio da Vila de Lepenke-Vir, hoje Iugoslávia. Em 1824, iniciou-se na Inglaterra a produção do cimento Portland e, logo após, a fabricação de elementos de concreto armado. Essas novas descobertas acarretaram em importantes transformações na construção mundial. As alvenarias deixaram de exercer a função de estrutura e de vedação simultânea em uma grande quantidade de edifícios, passando a exercer somente a função de vedação. O RAF passou a ter como aglomerante o cimento no lugar da cal, tornando-o mais resistente e mais aderente ao substrato, ficando a cal com função de prover a plasticidade e a trabalhabilidade da mistura (GUIMARÃES, 1997).

Com o desenvolvimento das estruturas de concreto armado reticuladas e das paredes com função somente de vedação, surgem problemas de fissurações provocadas por diversos fatores provenientes da má utilização dos dois sistemas simultaneamente, e diagnosticados com frequência ainda hoje. Thomaz (1992) destaca entre esses problemas os balanços acentuados, os grandes vãos entre os pilares, as estruturas cada vez mais esbeltas, a velocidade excessiva na execução e o controle deficiente, como elementos responsáveis pela grande quantidade de manifestações patológicas que os RAF apresentam.

2.2 CONSTITUIÇÃO DAS ARGAMASSAS

As argamassas são, de acordo com Petrucci (1975), materiais de construção constituídos pela mistura íntima de um ou mais aglomerantes, agregados miúdos e água, que possuem a capacidade de endurecimento e aderência. Cincotto (1988) faz a ressalva, no entanto, de que a argamassa é uma dispersão de agregados em uma matriz de partículas finas (preferencialmente pasta de aglomerantes), cujo comportamento reológico da mistura está intimamente ligado ao agregado (dimensão, forma e distribuição granulométrica), à pasta (características químicas, físicas, quantidades de materiais constituintes e quantidade de água) e a interação pasta-agregado.

2.2.1 Os aglomerantes

Alves (1987) define aglomerante como um material ativo, em geral pulverulento, que promove a ligação entre os grãos do material inerte (agregados). Os aglomerantes são utilizados para a formação da pasta (aglomerante + água), das argamassas (aglomerante + água + agregado miúdo) e concretos (aglomerante + água + agregado miúdo + agregado graúdo).

Os aglomerantes podem ser subdivididos em aéreos ou hidráulicos. Os aéreos endurecem quando expostos ao ar e não resistem à ação da água após secos, como ocorre com o gesso. Os hidráulicos, por sua vez, endurecem mesmo em contato com a água e resistem à ação da água após secos, como é o caso da cal hidráulica e do cimento Portland.

Considerando a importância dos aglomerantes neste trabalho, optou-se por discorrer, mesmo que sucintamente, sobre os principais tipos de aglomerantes utilizados na construção civil: a argila, o gesso, a cal, o cimento Portland, a pasta e as argamassas, conferindo alguma ênfase ao estudo da cal e do cimento.

2.2.1.1 A argila

Denomina-se argila o conjunto de minerais, compostos principalmente de silicatos de alumínio hidratados, que possuem a propriedade de formarem com água uma pasta plástica suscetível de conservar a forma moldada, após secar e endurecer sob a ação do calor (Petrucci, 1975). Petrucci relata que o primeiro aglomerante utilizado pelo homem provavelmente foi a argila, merecendo destaque a própria Bíblia em apresentar citações do uso de argila nas construções de assírios e de caldeus.

A argila não sofre nenhum processo de tratamento, seu endurecimento é motivado pela evaporação da água de amassamento, sendo considerada um aglomerante quimicamente ativo. Petrucci ainda destaca que os fatores responsáveis pelas características aglomerantes das argilas são a presença dos silicatos de alumínio nelas contidos. Na antiga Grécia, a aplicação mais simples de aglomerantes fez-se em paredes de tijolos. Secos ao sol, sem cozimento, os tijolos eram dispostos em camadas sobrepostas com o mesmo barro utilizado na sua confecção.

2.2.1.2 O gesso

Aglomerante aéreo fabricado a partir da calcinação da gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). O processo de produção do gesso consiste no aquecimento até 180 °C até a transformação da gipsita no material que se conhece como gesso (Alves, 1987). Todavia, a hidratação do gesso permite que se reverta o fenômeno da calcinação da gipsita. Quando misturado à água o gesso inicia sua hidratação (reação exotérmica) entre dois a três minutos e termina após quinze a vinte minutos, provocando uma retração próxima de 0,3% decorrente da secagem da água.

Segundo Alves (1987), o gesso lento é utilizado em paredes, já o gesso rápido é o mais utilizado na construção civil para a confecção de forros, porém, o autor recomenda não utilizá-lo em locais úmidos, visto que, conforme o grau de saturação do ar, o gesso pode desintegrar-se. Segundo a Associação Brasileira do Cimento Portland (2002), o gesso também é utilizado como controlador do tempo de

pega dos cimentos Portland, sendo adicionado um percentual em torno dos 3%, em massa.

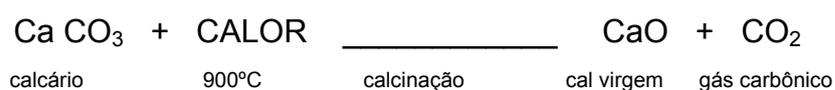
2.2.1.3 A cal

Segundo Guimarães (1997), embora haja evidências da presença do uso da cal ao longo da maior parte da existência humana, foi somente a partir da civilização egípcia que o produto começou a aparecer com frequência nas construções.

Em 1549, o fidalgo português Thomé de Souza ordenou a construção da primeira mineração do Brasil, com objetivo de levantar a primeira capital de domínio Português na América de nome Salvador da Bahia. Utilizando-se de calcários conchíferos que revestem o fundo do mar da baía de todos os Santos, deu início à fabricação de cal virgem para a utilização na construção e caiação dos casarios da nova cidade.

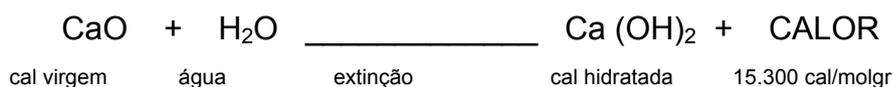
Segundo Petrucci (1976), a cal virgem é o produto da calcinação dos calcários (carbonato de cálcio) à temperaturas elevadas, próximos de 900 °C, suficiente para a dissociação do calcário, produzindo-se óxido de cálcio e gás carbônico:

OBTENÇÃO DA CAL VIRGEM (óxido de cálcio)



Para transformar a cal virgem em cal hidratada, combina-se a primeira com água obtendo-se uma reação exotérmica conforme a seguinte equação:

OBTENÇÃO DA CAL HIDRATADA (hidróxido de cálcio)



Nessa operação, que se chama de extinção da cal, as pedras ficam reduzidas a pó finíssimo, que se transforma em pasta se a quantidade de água for em excesso. A pasta seca, uma vez utilizada, endurece pela combinação do CO₂ do

ar com o hidróxido da cal hidratada formando o carbonato de cálcio mais água conforme a equação a seguir:



A principal propriedade da cal nas argamassas atuais é prover plasticidade facilitando sua trabalhabilidade durante seu manuseio. No entanto a cal em tempos remotos tinha a função também de aglomerante que, segundo Petrucci (1975), possibilitava argamassas com resistências à tração e compressão aos 28 dias de idade, em torno de 5 kgf/cm² e 25 kgf/cm², respectivamente.

2.2.1.4 O cimento Portland

O cimento Portland foi criado por um construtor inglês, Joseph Aspdin, que o patenteou em 1824. Nessa época, era comum na Inglaterra construir com as pedras de Portland, uma ilha situada no sul desse país. Como o resultado da invenção de Aspdin se assemelhava na cor e na dureza das pedras de Portland, ele registrou sob esse nome sua patente (ABCP, 2002).

O cimento Portland é um aglomerante hidráulico obtido pela moagem do clínquer e com adição de gesso. O clínquer tem como matérias-primas o calcário e a argila. A rocha calcária é primeiramente britada, depois moída e em seguida misturada, em proporções adequadas, com argila moída. A mistura formada atravessa então um forno giratório de grande diâmetro e comprimento, cuja temperatura interna chega a alcançar 1450°C. O intenso calor transforma a mistura em um novo material, denominado clínquer, que se apresenta sob a forma de pelotas. Na saída do forno o clínquer, ainda incandescente, é bruscamente resfriado até a temperatura de 70 °C para posteriormente ser finamente moído, transformando-se em pó.

O clínquer em pó tem a peculiaridade de desenvolver uma reação química em presença de água, na qual ele, primeiramente, torna-se pastoso e, em seguida, endurece, adquirindo elevada resistência e durabilidade (Petrucci, 1975).

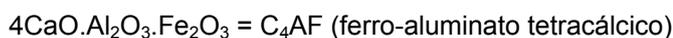
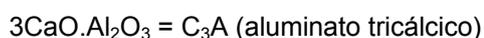
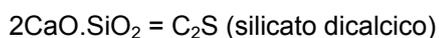
Durante a fase de moagem, são efetuadas adições de outras matérias-primas que, misturadas ao clínquer, possibilitam a fabricação dos diversos tipos de cimento Portland, disponíveis hoje no mercado. Essas outras matérias-primas são o gesso, as escórias de alto-forno, os materiais pozolânicos e os materiais carbonáticos. O gesso tem como função básica controlar o tempo de pega, isto é, o início do endurecimento do clínquer moído, quando este é misturado com água. Caso não se adicionasse o gesso à moagem do clínquer, o cimento, quando entrasse em contato com a água, endureceria quase que instantaneamente, o que inviabilizaria seu uso nas obras. Por isso, o gesso é uma adição presente em todos os tipos de cimento Portland. A quantidade adicionada é pequena: em geral, 3% de gesso para 97% de clínquer, em massa (PETRUCCI, 1993).

Após o processo de produção o cimento obtém os compostos químicos citados na tabela 1:

Tabela 1 - Quantidade de óxidos do cimento após sua elaboração Petrucci (1993)

Compostos químicos	Composição (%)
CaO	61 a 67
SiO ₂	20 a 23
Al ₂ O ₃	4,5 a 7,0
Fe ₂ O ₃	2 a 3,5
MgO	0,8 a 6,0
SO ₃	1,0 a 2,3
Álcalis	0,3 a 1,5

As propriedades dos cimentos estão relacionadas a cada componente químico, sendo que as proporções desses componentes influenciam nas propriedades finais do produto (PETRUCCI, 1993). A combinação desses componentes químicos desenvolvem novos compostos complexos que passam a ser os responsáveis pela intervenção nas propriedades do cimento, como por exemplo:



A influência dos compostos químicos resultantes sobre as propriedades do cimento podem ser observadas sob duas formas. A primeira delas, a resistência à compressão, pode ser observada nas seguintes formas:

C_3S – garante a resistência nos primeiros dias de idade;

C_2S – é responsável pelo aumento gradativo da resistência;

C_3A e C_4AF – apresentam pouca influência na resistência à compressão.

A segunda, a durabilidade, que é influenciada por:

C_3A e C_4AF – quanto maior o teor, menor a durabilidade perante agentes nocivos.

C_3A – quanto maior o teor, menor a resistência às águas sulfatadas e do mar.

C_2S – quanto maior o teor, maior a resistência às águas sulfatadas e do mar.

C_3A ou C_3S – quanto maior, maior o aumento do calor de hidratação.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland, a ABNT classifica os cimentos Portland quanto a sua composição e quanto a sua resistência à compressão, com tempo de cura aos 28 dias, conforme exposto na tabela 2:

Tabela 2 - Classificação dos tipos de cimento Portland no Brasil (ABCP, 2002)

Tipo de cimento Portland	Denominação	Resistência mínima aos 28 dias de cura	Norma brasileira que regulamenta
CPI – 25	Comum	25	NBR 5732
CPI – 32	Comum	32	NBR 5732
CPI – 40	Comum	40	NBR 5732
CPI – S – 25	Comum com adição	25	NBR 5732
CPI – S – 32	Comum com adição	32	NBR 5732
CPI – S – 40	Comum com adição	40	NBR 5732
CPII – E – 25	Composto com escória	25	NBR 11578
CPII – Z – 32	Composto c/ pozolana	32	NBR 11578
CPII – F – 40	Composto com filler	40	NBR 11578
CPIII – 25	De alto forno	25	NBR 5735
CPIII – 32	De alto forno	32	NBR 5735
CPIII – 40	De alto forno	40	NBR 5735
CP IV – 25	Pozolânico	25	NBR 5736
CP IV – 32	Pozolânico	32	NBR 5736
CPV – ARI	Alta resistência inicial	34	NBR 5733
CPB – 25	Branco	25	NBR 12989
CPB – 32	Branco	32	NBR 12989
CPB – 40	Branco	40	NBR 12989

2.2.2 Agregados

Os agregados são materiais pétreos, obtidos pela moagem de fragmentos de pedras que possuem propriedades adequadas, possuindo dimensões que variam entre 0,075mm à 152 mm. Atuam nas argamassas e concretos como elemento inerte, pois não sofrem alterações químicas quando da cura do composto (PETRUCCI, 1976).

Os agregados devem ser resistentes, duráveis e sem ação nociva sobre o aglomerante que o envolve. Os grãos devem estar limpos, isentos de quaisquer elementos químicos ou físicos que venham a prejudicar as reações químicas durante a secagem e dificultar a aderência dos grãos com a pasta formada pelo aglomerante.

A granulometria é a característica das medidas e formas dos grãos dos agregados. É realizada através de uma serie de peneiras de aberturas com malhas quadradas com diferentes dimensões livres. A NBR 7211 classifica os agregados quanto ao seu diâmetro (granulometria), como agregados miúdos, as areias naturais quartzosas de diâmetro máximo igual ou inferior a 4,8 mm e como agregados graúdos, as britas de diâmetros máximos superiores a 4,8 mm.

A NBR 5734 especifica as aberturas de peneiras para a determinação da granulometria dos agregados. O processo consiste em peneirar uma amostra de peso determinado, verificando a quantidade retida (em gramas) em cada peneira com malhas diferentes.

As características físicas dos agregados são determinantes nas propriedades das argamassas e dos concretos, tornando-as mais trabalháveis com menor quantidade de água. Os grãos mais esféricos são os mais indicados, os lamelares são inadequados, pois aumentam a permeabilidade e dificultam a trabalhabilidade da argamassa. Alves (1987) afirma que se pode verificar esta alteração realizando um pequeno ensaio comparativo entre uma argamassa de grãos de formatos esféricos e outra com grãos lamelares com mesma granulometria e mesma massa específica. A amostra de grãos lamelares apresenta menor peso unitário, decorrente do maior vazio entre os grãos.

Todavia, outros fatores devem ser considerados na qualidade dos agregados. Kloss (1991) enumera fatores tais quais: a resistência a esforços mecânicos e a durabilidade; a verificação de substâncias nocivas como os torrões de argila e materiais pulverulentos; as impurezas orgânicas; a reatividade potencial que existe em alguns agregados através de substâncias como: a opala, tridimita, cristobalita e zeólitas, que reagem com os hidróxidos alcalinos libertados pelo cimento durante a sua hidratação, causando expansão e desagregação de algumas argamassas.

2.2.3 A pasta

Os aglomerantes são misturados à água para formar a pasta, que ao endurecer apresenta retração excessiva, devido à evaporação da água da mistura. Quando misturamos a pasta a um agregado miúdo, obtem-se o que se chama de argamassa, formada pela mistura de um material ativo e de um inerte. O material ativo tem como objetivo envolver os grãos do material inerte, que após a cura e a secagem do conjunto em estado fresco, forma a argamassa endurecida. Além de baratear o custo da argamassa, os agregados melhoram seu desempenho, trazendo vantagens como a diminuição da retração por secagem, o aumento da resistência mecânica e, no caso de argamassas de cal, facilitam a recarbonatação do hidróxido de cálcio, permitindo a passagem do anidrido carbônico do ar e, conseqüentemente, auxiliando na solidificação do conjunto (PETRUCCI, 1975).

2.3 COMPOSIÇÃO E USO DAS ARGAMASSAS

As argamassas são muito utilizadas na construção para assentamento de blocos cerâmicos, de blocos de concretos e de pedras. São também utilizados em trabalhos de acabamento, chapiscos, emboços e rebocos, bem como para a execução de contra-pisos, pisos cimentados etc.

Petrucci (1975) apresenta a classificação das argamassas levando em conta o tipo de aglomerante, o tipo de elementos ativos, a dosagem e a consistência.

Quanto ao tipo de *aglomerante*, elas se subdividem em três grupos. São *aéreas* quando se utiliza um ou mais tipos de aglomerantes aéreos, são *hidráulicas* quando utiliza-se um ou mais aglomerantes hidráulicos; e são *mistas* quando utiliza-se um aglomerante aéreo e um hidráulico.

Quanto ao tipo de *elementos ativos* elas podem ser *simples*, quando possuem somente um elemento ativo, e *compostas*, quando possuem mais de um elemento ativo.

Quanto à *dosagem*, as argamassas podem assumir três formas distintas. São *pobres ou magras* quando o volume de aglomerante é insuficiente para preencher os vazios dos agregados; são *cheias* quando os vazios são perfeitamente preenchidos pela pasta, formando a dosagem ideal; e são *ricas ou gordas*, quando há excesso de pasta.

Por fim, quanto à *consistência*, elas podem ser *secas*, quando existe falta de água na mistura; *plásticas*, quando a quantidade de água da mistura é suficiente para formar uma pasta moldável; e *fluídas*, quando há excesso de água na mistura.

As argamassas mais utilizadas atualmente são as hidráulicas, que recebem como aglomerante o cimento, sendo frequentemente utilizadas em alvenarias de pedras devido à sua resistência mecânica e, especialmente, por sua resistência à umidade. São também utilizadas para chapisco, devido ao seu rápido endurecimento, bem como em situações onde é exigida resistência à umidade, como ocorre em lugares como reservatórios de água, muros de contenções e outras obras hidráulicas (GUIMARÃES, 1997).

As argamassas de cal eram muito utilizadas na execução de emboço e de reboco sem uso do cimento, devido a sua plasticidade, as suas condições favoráveis ao endurecimento, além de proporcionar um acabamento esmerado. Também eram utilizadas no assentamento de alvenarias de vedação. No entanto, devido a sua resistência e durabilidade, ressalta Petrucci (1975), as argamassas de cimento passaram a ser as mais utilizadas. A cal deixou de ser o aglomerante principal, passando a ser utilizada em menores proporções apenas para melhorar a trabalhabilidade, pois as argamassas de cimento são mais resistentes, porém de difícil trabalhabilidade. Para incorporar esta propriedade é adicionada cal à mistura,

de modo a prover a plasticidade necessária obtendo-se assim, uma argamassa de melhor manuseio.

Ao incorporar a cal à argamassa, se obtém uma argamassa mista, atualmente muito utilizada para execução de alvenarias de vedação, de emboços, rebocos e rebocos monocamada, além de servir para o preparo de paredes que receberão revestimentos cerâmicos.

2.3.1 Tipos de argamassas

Durante a execução de uma construção varias argamassas diferentes são utilizadas, cada uma com um fim específico. Neste trabalho serão abordadas somente as três argamassas utilizadas para a execução de alvenaria e de revestimento.

A *argamassa de assentamento* tem como característica possuir adequada resistência mecânica, grande poder de aderência e grande capacidade de deformação. Thomaz (1992) sugere que a resistência das paredes deve estar entre 25% e 50% da resistência dos componentes da alvenaria. Desse modo, a resistência da argamassa possui pouca influência na resistência da alvenaria após executada. Estudos realizados pela Bulding Research Establishment citados por Thomaz (1992), concluem que a quantidade de cimento incorporada à argamassa de assentamento influi diretamente na resistência à compressão, entretanto, pouco influi na resistência do conjunto da alvenaria, como mostra o gráfico 1:

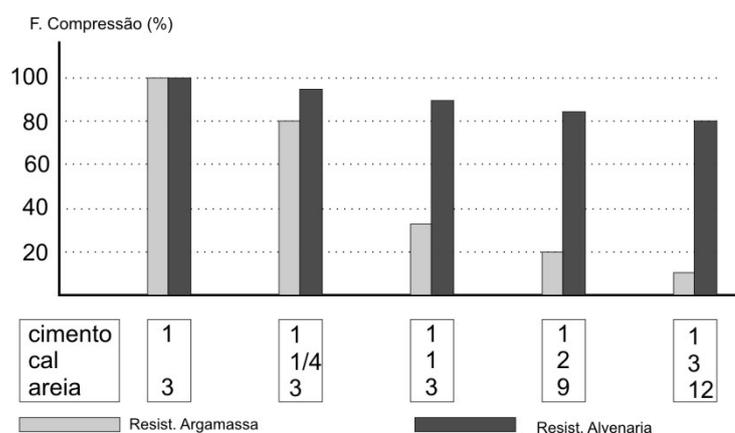


Gráfico 1 - Resistência à compressão da alvenaria em função da resistência à compressão da argamassa de assentamento (BRE, 1982)

Possuidora de um grande poder de aderência e capaz de desenvolver uma superfície altamente rugosa, a *argamassa para chapisco* tem como função, conforme Thomas (1992), criar uma superfície rugosa que permita maior aderência da argamassa de revestimento. Alves (1987) ainda chama atenção para o traço ideal para a argamassa de chapisco que deve ser o de 1: 4 (cimento e areia grossa), porém, deve-se observar que é comum a utilização de areia média na execução do chapisco. Thomaz (1982), enfatiza que se deve verificar a situação da base da alvenaria e da estrutura que receberá o chapisco. É comum a utilização de desmoldantes nas formas das estruturas em concreto que reduzem consideravelmente o poder de aderência do chapisco na superfície. De outra parte, as estruturas executadas com concretos de alto desempenho apresentam superfícies muito lisas e pouco porosas, dificultando a aderência do chapisco, o que torna necessário a execução do apicoamento da superfície.

A *argamassa de revestimento*, por sua vez, segundo a NBR 13749 (1996), serve para tetos e paredes, como revestimento de camada única, ou para chapisco, emboço e reboco. Permite que os acabamentos de superfície sejam: somente sarrafeado no caso de aplicação posterior de reboco; desempenado ou sarrafeado no caso de revestimento posterior de placas cerâmicas; desempenado ou chapiscado, no caso do reboco constituir uma única camada de revestimento.

Apesar de não ser objetivo desse trabalho a avaliação das propriedades físicas e químicas dos rebocos dos estudos de caso, optou-se por acrescentar nesta dissertação as características ideais dos revestimentos argamassados descritas na norma NBR 13749 (1996). A saber:

1) Condições do revestimento:

- ser compatível com o acabamento decorativo do revestimento superficial;
- ter resistência mecânica uniforme;
- ser constituído por uma ou mais camadas de argamassas uniformes;
- ter propriedade hidrofugante. No caso de não se empregar argamassa hidrofugante, deve ser executada pintura específica;
- ter propriedade impermeabilizante, em caso de revestimento externo em contato com o solo;

- resistir à ação de variações normais de temperatura e de umidade.
- 2) Aspecto: deve apresentar textura uniforme, sem imperfeições, tais como: cavidades, fissuras, manchas e eflorescências.
 - 3) Espessura: quando houver necessidade de empregar revestimento com espessura superior ao da tabela 3, devem-se tomar os cuidados necessários para prover e garantir a aderência do revestimento.

Tabela 3 - Espessura mínima e máxima do revestimento (NBR 13749, p. 2.)

Revestimento	Espessura (mm)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos internos e externos	$e \leq 20$

- 4) Prumo: a diferença de prumo do revestimento para paredes internas de argamassas não deve ser maior que $h/900$, sendo h a altura da parede em metros. Para paredes externas a norma não especifica qualquer limite.
- 5) Nivelamento: o nivelamento de revestimentos para tetos de argamassas, não deve ser maior que $L/900$, sendo o L o comprimento do maior vão do teto, em metros.
- 6) Planeza: após remoção das areias soltas sob a superfície, as ondulações não devem superar 3 mm em relação a uma régua de 2 m de comprimento. Já as irregularidades abruptas não devem superar 2 mm em relação a uma régua de 20 cm de comprimento.
- 7) Aderência: os revestimentos de argamassa devem apresentar aderência com a base do revestimento e entre suas camadas constituintes. A Norma 13749 especifica que deve ser avaliado, através de ensaios de percussão, realizados através de impactos leves com ferramenta adequada, de modo a verificar se há a existência de trechos com som cavo. A avaliação deve ser feita em cerca de um metro quadrado, para cada 100 m^2 de paredes. Os trechos que apresentarem som cavo deverão ser integralmente percutidos para se estimar a área total com

falha na aderência. Quando a fiscalização julgar necessário, devem ser realizados ou solicitados a laboratórios a execução de seis ensaios de resistência à tração em pontos escolhidos aleatoriamente, a cada 100 m² ou menos da área suspeita. Destes seis pontos de ensaio, pelo menos quatro deverão ser iguais ou superiores aos indicados na tabela 4:

Tabela 4 - Limites de resistência à tração (Ra) para emboço camada única (NBR 13749, 1996)

Local		Acabamento	Ra (Mpa)
Parede	interna	Pintura ou base para reboco	≥ 0,20
		Cerâmica ou laminado	≥ 0,30
	externa	Pintura ou base para reboco	≥ 0,30
		Cerâmica	≥ 0,30
Teto			≥ 0,20

2.4 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO

2.4.1 Trabalhabilidade

A RILEM (1982), no documento MR-3, considera trabalhabilidade como a facilidade do pedreiro trabalhar com a argamassa, isto é, pode ser entendida como o conjunto de fatores da argamassa que conferem boa qualidade e produtividade na sua aplicação. Para argamassas de revestimento, traduz-se em uma adequada aderência ao substrato e facilidade de acabamento superficial.

Selmo (1989), acrescentou uma definição do ponto de vista prático muito expressiva onde, diz que “uma argamassa de revestimento tem boa trabalhabilidade quando se deixa penetrar com facilidade pela colher do pedreiro, sem ser fluida; ao ser transportada para a desempenadeira e lançada contra a base mantém-se coesa, porém sem aderir à colher; e permanece úmida o suficiente para ser espalhada, sarrafeada e ainda receber o tratamento superficial previsto”.

Esta propriedade é considerada muito importante porém de difícil qualificação. Vários métodos de ensaios tem sido propostos. Porém, nenhum dos métodos é capaz de fornecer um número que possa expressar a trabalhabilidade pois esta

não depende só das características intrínsecas das argamassas, mas também das propriedades do substrato e da habilidade do pedreiro.

2.4.2 Consistência e plasticidade

A RILEM (1982), no documento MR-3, admite que a consistência e a plasticidade são as propriedades reológicas básicas que caracterizam a trabalhabilidade das argamassas e define consistência como “a propriedade da argamassa pela qual esta tende a resistir à deformação”, isto é, a maior ou menor facilidade da argamassa deformar-se sob a ação das cargas. A plasticidade por sua vez, é a propriedade pela qual, a argamassa tende a reter a deformação, após a redução do esforço de deformação.

Os métodos de ensaio que empregam a penetração de um corpo no interior da argamassa, avaliam a sua consistência e os métodos que utilizam de vibração ou choque para introduzir uma deformação à argamassa, medem a consistência e a plasticidade ao mesmo tempo. Geralmente, classificam-se as argamassas segundo a consistência em argamassas secas, plásticas ou fluídas.

2.4.3 Retenção de água e de consistência

Define-se retenção de água como a capacidade da argamassa em reter a água de amassamento quando em contato com uma superfície absorvente. Ou ainda, é a capacidade da argamassa no estado fresco em manter sua consistência quando submetida a solicitações que provocam perda de água de amassamento seja por evaporação, sucção ou absorção por uma superfície, CINCOTTO (1995).

Segundo Guimarães (1995), a retenção de água nas argamassas de revestimento interfere no tempo disponível de aplicação, regularização e desempenho da argamassa. Esta propriedade também influi em algumas propriedades do estado endurecido pois afeta as condições de hidratação do cimento e a carbonatação da cal que são os responsáveis pela evolução do endurecimento da argamassa. Como a retenção interfere na velocidade de evaporação da água de amassamento, também influi na retenção por secagem das argamassas. Selmo (1989), resume

que a retenção de água das argamassas interfere não só no trabalho de acabamento do revestimento, mas também em propriedades no estado endurecido, seja por questões de espalhamento, contato com a base e retenção de umidade. Cincotto (1985), defende que a perda substancial de água das argamassas quando em contato com uma base absorvente, ocorre nos primeiros cinco minutos e , a maior perda ocorre nos dois primeiros minutos.

2.4.4 Massa específica aparente e teor de ar

Segundo Cincotto (1985), a massa específica aparente constitui-se na relação entre a massa do material e o volume incluindo os vazios a uma temperatura estabelecida. Os vazios presentes na argamassa contêm ar aprisionado ou espaços deixados pela evaporação do excesso de água de amassamento.

Para argamassas produzidas com materiais de mesma massa específica, porém com diferentes volume e vazios, a que apresentar o menor volume de vazios apresentará a maior massa específica. Sabe-se ainda que o teor de ar tem influência sobre a trabalhabilidade e também na resistência de aderência dos revestimentos.

2.4.5 Exsudação de água

O fenômeno de separação de parte da água de amassamento de uma argamassa fresca mantida em repouso sem vibrações ou choques, é definido como exsudação de água. Em geral, nas argamassas de consistência plástica a fluida manifesta-se a exsudação da água. Esta propriedade interfere na trabalhabilidade pois, exige remisturas freqüentes para homogeneização da argamassa e pode interferir na capacidade de adesão da argamassa ao ser lançada contra a base.

2.5 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS NO ESTADO ENDURECIDO

2.5.1 Resistência mecânica

Segundo Cincotto (1985), a resistência mecânica das argamassas pode variar dependendo das diferentes solicitações a que estará submetida. A argamassa deverá ter resistência para suportar a movimentação da base que poderá ocorrer por recalques ou por variação dimensional por umedecimento e secagem ou ainda pela dilatação e contração do revestimento devido às variações de temperatura. Estas solicitações poderão provocar fissuras ou falha na aderência entre a argamassa e a base ou entre as camadas de argamassa. Apesar da resistência mecânica não ser uma propriedade fundamental como o é para concreto, justifica-se a análise desta propriedade pois, está relacionada com várias outras propriedades como por exemplo com a elasticidade das argamassas que interferem na durabilidade dos revestimentos argamassados.

2.5.2 Módulo de deformação

Segundo Cincotto (1995), o módulo de deformação representa a capacidade das argamassas de dissiparem as tensões a que estão submetidas. Selmo (1989), comenta que “os revestimentos devem apresentar capacidade de deformação para poder deformar-se sem ruptura ou através de microfissuras que não comprometam a aderência, estanqueidade e sua durabilidade.

A elasticidade das argamassas pode ser expressa pelo seu módulo de elasticidade quando submetida a esforços de compressão. Observa-se que durante a retração das argamassas por perda de umidade aliada aos efeitos de retração térmica ou de esforço de natureza externa, a argamassa estará sob um estado de tensões internas de tração e cisalhamento.

2.5.3 Aderência

Conceitua-se aderência como a capacidade da argamassa de resistir à tensões normais ou tangenciais à superfície de interface entre camadas. Segundo Sabbatini (1990), a aderência deve ser analisada quanto à sua resistência, isto é, capacidade mecânica de resistir a esforços normais de tração e tangenciais de cisalhamento, e também quanto à extensão de aderência que é definida pela relação entre a área de contato efetivo e a área total da base a ser revestida.

Cincotto (1995), esclarece que a aderência é significativamente influenciada pelas condições da base, como a porosidade e absorção de água, resistência mecânica, textura superficial e pelas próprias condições de execução onde exige-se um assentamento homogêneo sem descontinuidades excessivas. Deve entretanto ser enfatizada também a influência da capacidade de retenção de água da argamassa na aderência do revestimento.

2.5.4 Permeabilidade

Segundo Cincotto (1995), a permeabilidade caracteriza a passagem de água através da argamassa ocasionada por infiltração sob pressão, por capilaridade onde a água é absorvida pelos materiais quando em contato superficial com a água, mas com baixa pressão hidrostática, ou ainda por difusão de vapor d'água.

Da permeabilidade ao vapor d'água depende a velocidade de secagem do revestimento após um período de chuva ou da umidade de condensação interna.

Segundo Josiel (1981), a absorção de água capilar de um revestimento deve ser inferior à da base a revestir e quanto menor esta permeabilidade, melhor a proteção da base contra as intempéries, desde que possua permeabilidade ao vapor d'água.

Nos revestimentos permeáveis, as camadas de revestimento devem ter uma capacidade mínima de permeabilidade ao vapor d'água para permitir a evaporação da água provenientes de condensação ou umidade de infiltração que penetra através de fissuras.

3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM RAF

3.1 PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES

Para Verçosa (1991) a patologia das edificações se resume ao estudo da identificação das causas e dos efeitos de problemas encontrados nas edificações, elaborando seu diagnóstico e correção. Helene (1993), descreve a patologia como sendo o estudo dos sintomas, dos mecanismos, das causas e das origens dos defeitos das construções civis, ou seja, como o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

Inúmeras são as manifestações patológicas que afetam os edifícios. Entre elas, Thomaz (1992) destaca a evolução tecnológica da construção civil no Brasil, que induziu a realização das obras em um tempo menor, utilizando estruturas e materiais cada vez mais leves. Tais fatos, juntamente com o despreparo dos profissionais, tanto de projeto quanto de produção, vêm provocando a queda gradativa da qualidade das construções no país. O autor complementa ainda que a incompatibilidade dos projetos, bem como o seu pouco detalhamento, juntamente com a falta de planejamento e de fiscalização das obras, colaboram para o agravamento do quadro atual.

3.1.1 Origem

Um diagnóstico adequado de uma manifestação patológica deve indicar em que etapa do processo construtivo teve origem o fenômeno que desencadeou o problema, defende Helene (1993). A origem pode decorrer da falha de projeto (projetista), da má qualidade dos materiais empregados na construção (fabricante), da falha na etapa de construção (mão-de-obra e fiscalização), e da falha na etapa de utilização da edificação por uso inadequado ou falta de manutenção (usuários).

Segundo Grunau (1981), citado por Verçosa (1991), as manifestações patológicas têm origem, sobretudo, nas etapas de planejamento e de projetos, conforme mostra o gráfico 2.

Origens em relação as etapas de produção

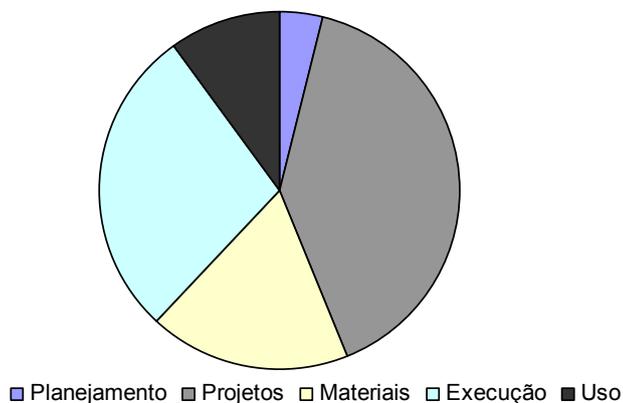


Gráfico 2 - Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis (Grunau, apud Verçosa, 1991)

3.1.2 Causas

A causa das manifestações patológicas, de acordo com Helene (1993), está relacionada a vários fenômenos que influenciam no surgimento das anomalias. Merecem destaque cargas excessivas, variação de umidades, variações térmicas, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, agentes atmosféricos entre outros.

3.1.3 Conseqüências

Um bom diagnóstico deve ter condições de prever as conseqüências futuras que o problema poderá trazer no comportamento geral do edifício. Helene (1993) separa estes prognósticos em dois tipos: os que afetam as condições de segurança da estrutura (mais urgentes), e os que comprometem somente as condições de higiene e estética, denominadas condições de serviços, associadas aos estados limites de utilização.

Segundo Thomas (1992) e Helene (1993), os problemas patológicos são evolutivos e tendem a se agravar com o passar do tempo, podendo até ser gerado novos problemas em decorrência dos primeiros. Por esse motivo, pode-se afirmar que as correções serão mais duráveis, mais efetivas, mais fáceis e mais baratas se forem executadas, quanto mais cedo, como expressa a lei de Sitter, representada na

figura 3, junto a qual pode-se constatar os custos crescentes numa progressão geométrica de fator cinco, conforme o tempo da realização de cada etapa construtiva:

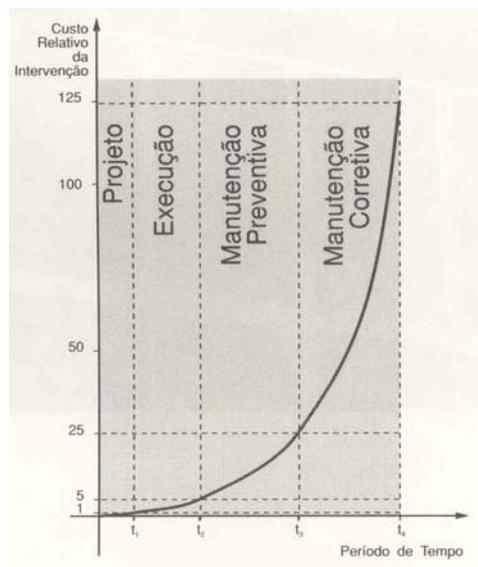


Figura 3 - Lei de evolução de custos (SITTER, 1984)

Segundo Helene (1993), a manutenção preventiva é a maneira mais barata e correta de se manter em boas condições de uso uma edificação. A falta de uma manutenção preventiva durante o uso do edifício, pode até quintuplicar o custo para a realização de uma ação. Como exemplo o autor cita a remoção de fuligem ácida e a limpeza das fachadas, pinturas, estucamentos e reestucamentos de superfícies aparentes, pinturas com vernizes e hidrofugantes, construção de rufos, pingadeiras, beirais e outras medidas preventivas.

As medidas corretivas são os reparos dos problemas levantados durante os trabalhos de diagnóstico, prognóstico e desenvolvimento das formas de intervenção. A essas atividades pode-se associar um custo cento e vinte e cinco vezes superior ao custo das medidas que poderiam ter sido tomadas durante as fases iniciais da construção (HELENE, 1993).

Thomaz (1992), Helene (1993) e Cincotto (1988) compartilham de idéias afins no que se refere às manifestações patológicas mais comuns encontradas nos edifícios: todos afirmam ser as provocadas pelas deformações de estruturas e componentes da construção, pela ação de umidades e por agentes biológicos.

Os revestimentos de argamassa estão sujeitos a vários fenômenos, como se pode verificar neste capítulo, sejam eles decorrentes do meio ambiente, de modo como foi projetado e construído o edifício, das propriedades químicas e físicas dos componentes empregados na construção; do tipo de revestimento superficial, da manutenção, bem como do uso inadequado dos edifícios. Na tabela 5, pode-se ter uma noção mais ampla das manifestações patológicas mais freqüentes no RAF das fachadas.

Tabela 5 - Manifestações patológicas nos revestimentos: causas prováveis (CINCOTTO, 1988, adaptado)

Manifestação patológica	Efeitos	Causas prováveis
Eflorescência	- manchas de umidade - pó branco acumulado na superfície	- umidade constante - sais solúveis nas alvenarias e água de amassamento
Bolor (fungos, algas, líquens etc)	- manchas esverdeadas, avermelhadas ou escuras - revestimento em desagregação	- umidade constante - área não exposta ao sol
Vesículas	- empolamento da pintura - bolhas com umidade	- hidratação retardada da CaO (hidróxido de cálcio/cor branca) - pirita ou matéria orgânica na areia (cor escura) - concentrações ferruginosas na areia - aplicação prematura de tinta impermeável
Descolamento do reboco com empolamento	- descolamento do emboço formando bolhas - reboco com som cavo	- infiltração de umidade - hidratação retardada do MgO (hidróxido de magnésio)
Descolamento do reboco em placas	- placa endurecida quebrando com dificuldade - som cavo	- placas freqüentes de mica na camada interior - argamassa muito rica ou espessa. - superfície com substâncias hidrófugas - falta de aderência da superfície
	- placa endurecida e desagregando-se - som cavo	- argamassa magra - ausência de chapisco
Fissuras horizontais	- ao longo da parede - descolamento do revestimento com som cavo	- expansão da argamassa por hidratação retardada do MgO - expansão da argamassa por reação cimento-sulfatos ou de argilo-minerais nos agregados
Fissuras mapeadas	- forma variada e em toda a superfície	- retração da argamassa de base

Devido à complexidade e a grande extensão do assunto, foram abordadas nesse trabalho somente as manifestações patológicas com maior incidência nos RAF: as trincas e fissuras, a biodeterioração, a umidade e a variação de temperatura.

3.1.4 Trincas e fissuras

Entre as diversas manifestações patológicas que ocorrem nos edifícios, Thomaz (1992) destaca as fissuras como sendo a mais importante devido a três aspectos: o aviso de algum problema sério na estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço e o constrangimento psicológico que a fissuração exerce sobre seus usuários.

Segundo SABBATINI e BARROS (1990), pode-se definir como *fissuras* as aberturas com menos que 0,5 mm de espessura e como *trincas* aquelas com medidas iguais ou superiores a 0,5 mm. Ribas (2002), porém, defende uma divisão e conceituação diferentes. Em primeiro lugar, ele acrescenta mais uma categoria, a das *micro-fissuras*, abrangendo as aberturas inferior a 0,2 mm, além de propor a classificação como *fissuras* para as medida entre 0,2 e 2 mm e como *gretas* as aberturas com mais de 2 mm.

Uma vez que não há um consenso entre os estudiosos para uma classificação padrão da nomenclatura e das respectivas medidas referente às aberturas das fissuras foi adotado, para esse trabalho, a classificação proposta por Sabattini e Barros (1990).

3.1.4.1 Trincas e fissuras causadas por movimentações térmicas

Thomaz (1992) indica três fatores causadores de fissuras decorrentes de movimentações térmicas entre materiais.

O primeiro refere-se às fissuras causadas pela junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, expostos às mesmas variações de temperatura. Os materiais expostos de uma construção estão sujeitos a grande variação de temperaturas sazonais ou diárias, tendo suas dimensões alteradas em função dos fenômenos de dilatação e contração. Assim, nos edifícios o RAF é o

elemento que está mais exposto ao sol, principal fonte de calor transmitida por radiação solar. Ao receber a radiação solar através do seu revestimento superficial (tinta, textura, cerâmica etc), o RAF tem sua temperatura superficial aumentada tornando-se maior do que a do ar ambiente. Este fenômeno é chamado de absorvência da superfície do componente à radiação. Com a superfície do RAF aquecida, ocorre a transferência de uma parte do calor para o ar ambiente (condutância térmica superficial) e da superfície para os demais componentes aderidos ao RAF, como o chapisco, os blocos, a argamassa de assentamento e a estrutura. Segundo Castro (2003), a incidência da energia de radiação sobre superfícies opacas é em parte absorvida e em parte refletida, estando intimamente ligada à superfície e diretamente relacionada com a cor do revestimento superficial, conforme mostra a tabela 6:

Tabela 6 - Refletância de cores através de análise espectral
(Castro, 2003)

Latex	Cores	Refletância (%) Ondas visíveis
Acrílico	Branco	88
Acrílico	Gelo	69
Acrílico	Palha	70
Acrílico	Areia	59
Acrílico	Mel	51
Acrílico	Marfim	71
Acrílico	Perola	71
Acrílico	Telha	25
Acrílico	Camurça	42
Acrílico	Concreto	28
Acrílico	Preto	4

Analisando a tabela 6, pode-se verificar que as cores com tonalidades mais claras, como o branco, o marfim e o pérola, refletem mais as ondas, ou seja, absorvem menos a energia provinda da radiação solar. Já as cores com tonalidades escuras, como o preto, o telha e o concreto, refletem menos, absorvendo mais intensamente a radiação solar e, conseqüentemente, provocando um aquecimento superficial considerável no revestimento.

O calor da superfície do RAF é transmitido para os componentes da alvenaria que se dilatam e desenvolvem esforços de compressão entre eles. Thomaz (1992), reforça que, quando a temperatura é reduzida, os componentes da

alvenaria reduzem de tamanho, desenvolvendo tensões de tração diferenciadas. Como os materiais rígidos possuem muita resistência a esforços de compressão, porém pouca resistência a esforços de tração, bem como pouca flexibilidade para absorver tal sollicitação (módulo de deformação), acabam por romper os materiais menos resistentes, como os blocos cerâmicos e as juntas de assentamento, criando fissuras internas.

Uma vez que o RAF é aderido a alvenaria, ele recebe as tensões decorrentes da variação de temperatura e rompe quando o limite máximo de sua resistência mecânica é ultrapassada, criando fissuras. Segundo Thomaz (2003), estas fissuras se manifestam em ambas as faces da parede, porém com menor abertura na face interna.

A estrutura de concreto também apresenta aquecimento similar a das paredes externas. Como o coeficiente de dilatação térmica linear do concreto é aproximadamente duas vezes o da alvenaria, pode ocorrer o destacamento entre as alvenarias e o reticulado estrutural, conforme ilustra a figura 4a, bem como a incidência de trincas de cisalhamento nas extremidades das alvenarias, como ilustra a figura 4b.



Figura 4 - a) Destacamento entre alvenaria e estrutura, provocado por movimentações térmicas diferenciadas. (THOMAZ, 1992); b) Trincas de cisalhamento nas alvenarias, provocadas por movimentações térmicas da estrutura decorrentes do aquecimento das paredes (THOMAZ, 1992)

O RAF também pode fissurar quando sua temperatura for diminuída bruscamente, criando esforços internos de tração, provocada pelo “choque térmico”.

Marim (1962), afirma que os materiais que mais resistem aos choques térmicos são aqueles que possuem boa condutividade térmica, baixo coeficiente de dilatação térmica linear, baixo módulo de deformação e elevada resistência a esforços de tração. A resistência ao choque térmico pode ser determinado por:

$$R_{ct} = (f) \frac{\mu \cdot f_{ct}}{E \cdot \alpha}$$

Onde:

μ = coeficiente de condutibilidade térmica

f_{ct} = resistência característica a tração

E = módulo de deformação longitudinal

α = coeficiente de dilatação térmica linear

Ou seja, quanto maior for a resistência à tração do material, associada a sua maior condutibilidade térmica, maior será sua resistência ao choque térmico.

Outro fator que influencia no desempenho das fachadas são as aberturas. Deve-se dar especial atenção às aberturas nas alvenarias cujos cantos apresentam acentuada concentração de tensões, geradas pela variação de temperatura da parede, decorrentes de forças isostáticas que chegam a triplicar-se nos cantos superiores e a duplicar nos cantos inferiores, conforme mostra a figura 5.

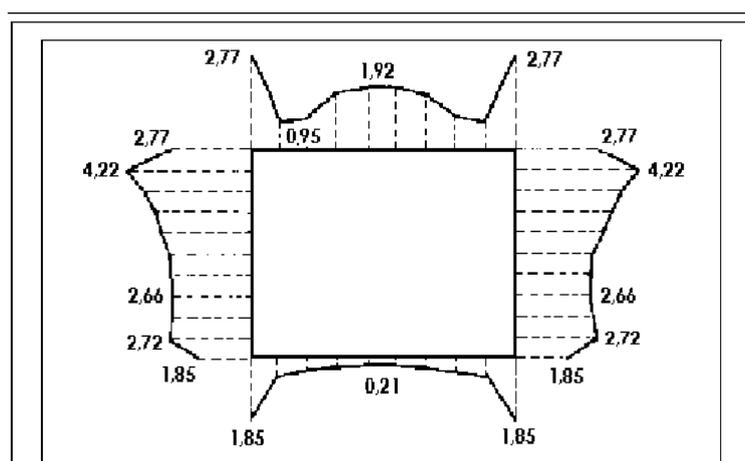


Figura 5 - Fatores de majoração de esforços ao longo de janela numa parede. Atuação de cargas verticais e horizontais atuando na altura dos respaldos de parede com abertura (UTKUT, 1976)

As fissuras decorrentes destas concentrações de tensões ocorrem junto aos vértices das janelas e portas, principalmente quando não são executadas as vergas e/ou contra-vergas, como mostra a figura 6.



Figura 6 - Fissuras nos cantos das janelas decorrentes da inexistência de vergas e/ou ontra-vergas (THOMAZ, 1992)

Um segundo fator que causa fissuras de movimentações térmicas entre materiais é a exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais. Em geral as coberturas planas são mais expostas às mudanças de temperaturas do que os paramentos verticais ocorrendo, assim, movimentos diferenciados entre os elementos verticais e horizontais. Como exemplo, pode-se citar o concreto e as alvenarias, nos quais o coeficiente de dilatação térmica do concreto é aproximadamente duas vezes maior que o da alvenaria.

Thomaz (1992) lembra que, em coberturas mesmo sombreadas por telhamento, as lajes sofrem aquecimentos decorrentes da energia calorífica absorvida pelas telhas que é reirradiada para a laje. Com seu aquecimento, a laje sofre dilatação, ocasionando tensões que são distribuídas de maneira diferenciada, partindo do centro às extremidades, e tendo como ponto mais crítico o que estiver mais afastado do seu centro. Na figura 7 pode-se verificar que os vértices são os pontos mais críticos devido à sua maior distancia com relação ao centro.

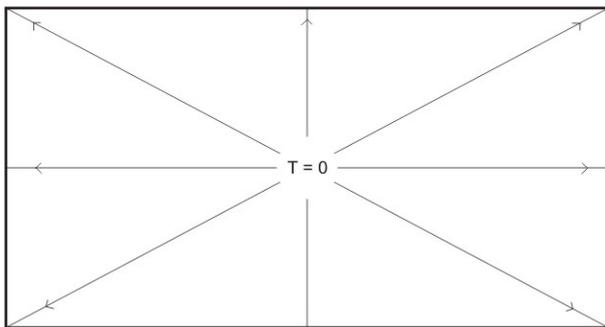


Figura 7 - Propagação das tensões numa laje de cobertura com bordos vinculados devido a efeitos térmicos (THOMAZ, 1992).

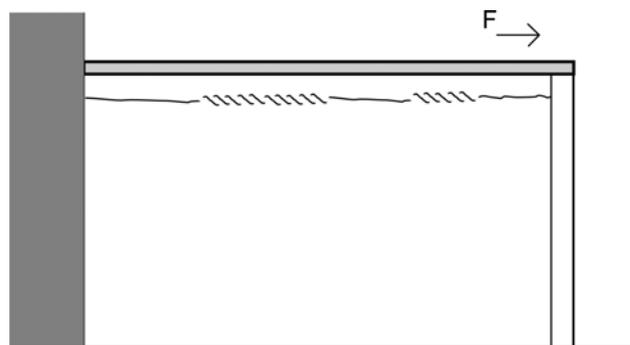


Figura 8 - Trinca típica do topo da laje: a direção das fissuras perpendiculares com relação às resultantes de tração indica o sentido da movimentação térmica, no caso da esquerda para a direita (THOMAZ, 1992).

Como as lajes de coberturas normalmente são vinculadas às paredes de sustentação, surgem tensões tanto no corpo das paredes quanto nas lajes, ocorrendo fissuras nos trechos mais frágeis. Thomaz (1992) indica que essas tensões de cisalhamento e de tração nas paredes das edificações provocam o desenvolvimento de trincas, apresentando tipicamente as configurações indicadas nas figuras 8, 9 e 10.



Figura 9 - Trinca típica do topo da parede (THOMAZ, 1992)



Figura 10 - Típica trinca no topo da parede e destacamento da platibanda por movimentações térmicas da laje (THOMAZ, 1992).

O terceiro fator que causa fissuras decorrentes de movimentações térmicas entre materiais é o gradiente de temperaturas ao longo de um mesmo componente da edificação. Thomaz (1992), refere-se as fissuras que ocorrem em lajes de cobertura provocadas por esforços internos diferenciados, decorrentes da diferença

de temperatura entre as superfícies externa da laje e a superfície inferior da laje. A superfície externa aquecida se dilata, provocando a contração da superfície inferior que não acompanha a movimentação da superfície externa, desenvolvendo uma flecha negativa, podendo causar fissuras na laje. Como o objetivo é o estudo de manifestações patológicas em fachadas, esse tema não será aprofundado nessa dissertação, podendo servir para um estudo futuro.

3.1.4.2 Trincas e fissuras causadas por movimentações higroscópicas

A quantidade de água absorvida por um material de construção está relacionada diretamente com a porosidade aberta e, principalmente, com a capilaridade. Essa força de sucção, provocada pelo efeito da capilaridade, é inversamente proporcional à espessura dos poros abertos, dessa maneira, quanto menor a espessura dos poros, maior será o poder de sucção. O material, ao ter seus poros totalmente preenchidos com água, aumenta de volume, diminuindo a medida que perde água por evaporação (THOMAZ, 1992; e RIBAS, 2002). O resultado desta expansão e contração por higroscopicidade, pode provocar a fadiga do material desenvolvendo fissuras semelhantes as decorrentes de variação como mostra as figuras 11 e 12.



Figura 11 - Fissuras decorrentes da retração da argamassa provocadas pela falha da pintura e exposição contínua da parede à água da chuva (THOMAZ, 1992).



Figura 12 - O fluxo de água interceptado do peitoril da janela escorre lateralmente, provocando a fadiga do reboco desenvolvendo sua fissuração (THOMAZ, 1992).

3.1.4.3 Trincas e fissuras causadas por atuação de sobrecargas

As fissuras podem se manifestar nas paredes em função dos esforços de compressão e de flexão, provocados pela ação das cargas superiores às previstas em cálculo. Argilés (1999), esclarece que as fissuras causadas por sobrecargas possuem configurações típicas, conforme demonstram as figuras 13, 14 e 15.

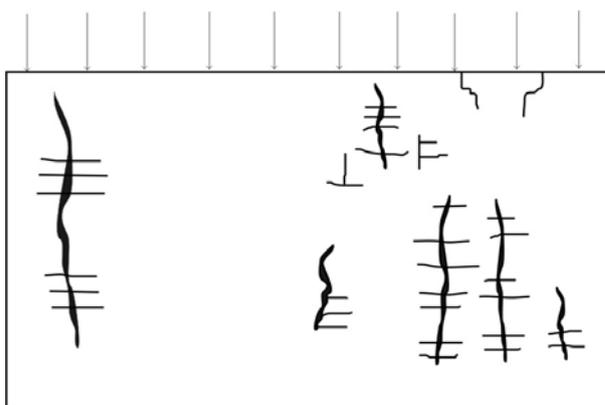


Figura 13 - Fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical (Argilés, 1999)

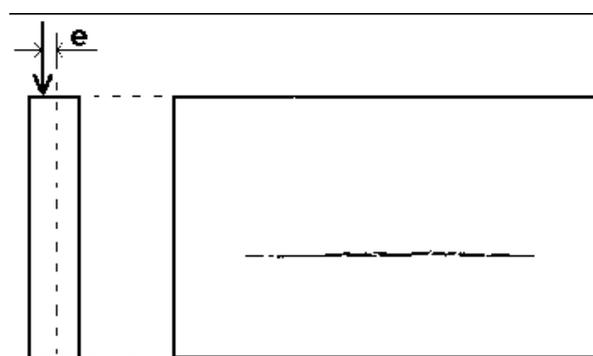


Figura 14 - Típicas trincas horizontais na alvenaria, portanto, provenientes de sobrecarga no topo fora do eixo de gravidade da parede (Thomaz, 1989)

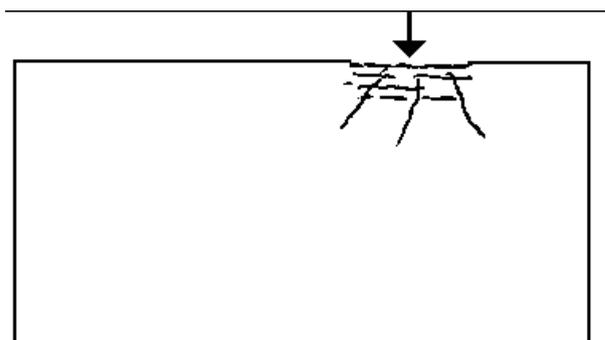


Figura 15 - Típica fissura de ruptura pontual da alvenaria sob o ponto da aplicação da carga e propagação de fissuras a partir deste ponto (Argilés, 1999)

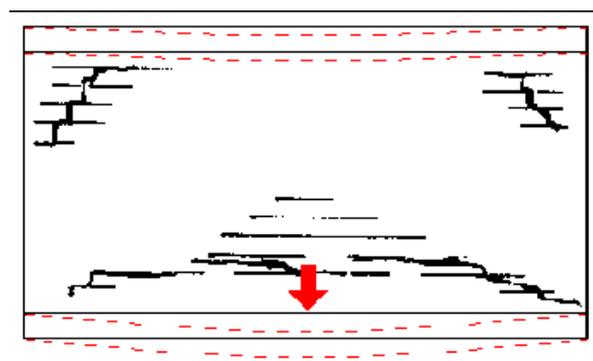


Figura 16 - Deformação da viga de apoio maior que a viga superior, causando o fissuramento da alvenaria (THOMAZ, 1992)

3.1.1.4 Trincas e fissuras causadas por deformação excessiva de estrutura de concreto armado

Com a evolução da tecnologia do concreto armado as estruturas foram tornando-se mais esbeltas, mais leves e deformáveis, tornando imperiosas a análise das deformações e suas influências nos revestimentos argamassados em fachadas.

A maior incidência de fissuras nas alvenarias é decorrente de deformação de estruturas devido às flechas excessivas em vigamentos e lajes. A figura 16, ilustra o fissuramento típico da alvenaria quando a viga de apoio se deforma mais que a viga superior, provocando fissuras de cisalhamento no cantos superiores e também nas extremidades inferiores.

A figura 17 demonstra o fissuramento típico da alvenaria quando a viga superior se deforma mais do que a viga de apoio. Nesse caso, ocorre o esmagamento da alvenaria decorrente do esforço de compressão ao qual o topo da parede é submetida. Surgem fissuras de cisalhamento nos cantos superiores, fissuras com sentido horizontal e fissuras verticais no centro, próximo a base, decorrente do esforço de tração que esta região sofre decorrente da compressão imposta pela deformação da viga superior.

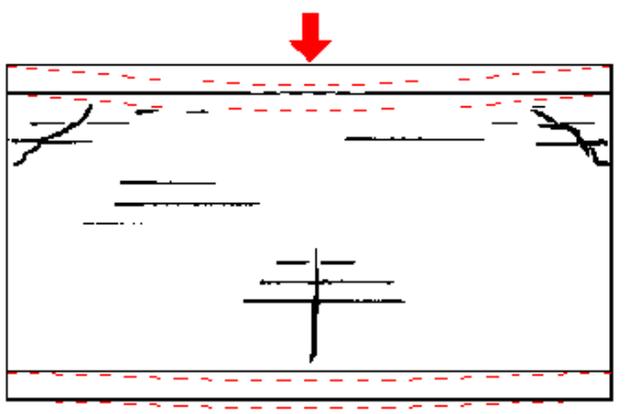


Figura 17 - Trincas em parede de vedação decorrente da deformação da viga superior ser maior que a viga de sustentação (THOMAZ, 1992).

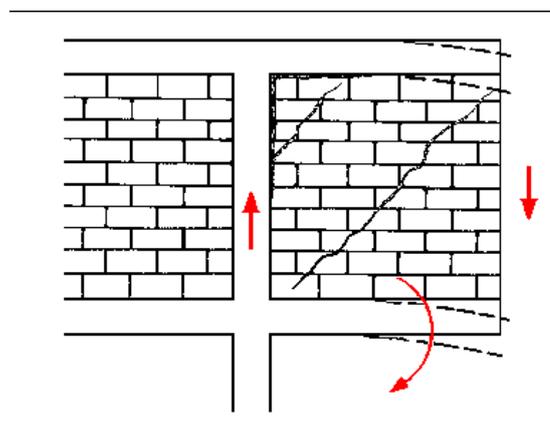


Figura 18 - Trincas na alvenaria decorrente da deflexão da região em balanço da viga (THOMAZ, 1992).

A figura 18 mostra a forma típica de fissuras causadas pela deformação da viga em balanço. Formam-se fissuras características de cisalhamento na alvenaria,

que inicia no vértice da viga com o pilar de apoio. Geralmente acompanhado pelo destacamento da alvenaria da estrutura na região superior.

A figura 19 mostra a forma comum de fissura, em alvenarias estruturais, quando a laje é ancorada na alvenaria. A deformação da laje provocada pela flecha excessiva, introduz esforços de flexão na alvenaria provocando fissuras horizontais próximas à base da parede.

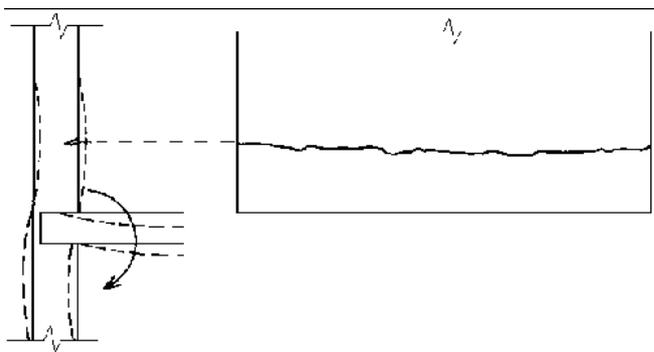


Figura 19 - Trinca horizontal na base da parede provocada pela deformação excessiva da laje (THOMAZ, 1992).

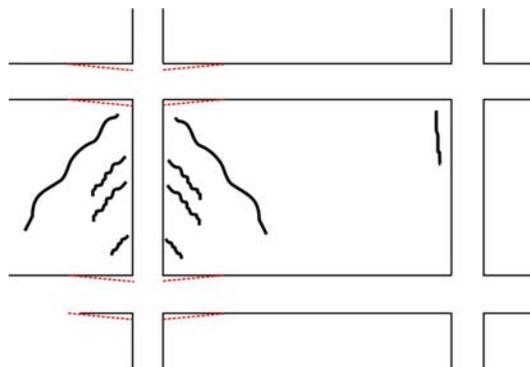


Figura 20 - Trincas típicas, provenientes de recalques diferenciados entre pilares (THOMAZ, 1992)

3.1.4.5 Trincas e fissuras causadas por recalques de fundação

Segundo Argilés (1999), Thomaz (1992) e Helene (1992), essas fissuras são as mais preocupantes, pois indicam problemas nas fundações das edificações, sejam elas de alvenaria estrutural ou não. Na sua maioria, as fissuras provenientes de recalques, possuem inclinação próxima de 45° conforme demonstra a figura 20.

Thomaz (1992) adverte ainda que os recalques acontecem devido a vários fatores, tais como: o tipo e estado do solo, a disposição do lençol freático, a intensidade da carga, o tipo de fundação e as interferências das fundações vizinhas.

3.1.4.6 Trincas e fissuras causadas por retração de produtos a base de cimento

São as fissuras ocasionadas por retrações diversas do revestimento argamassado quando fresco e em fase de endurecimento. Segundo Thomaz (1992) essas retrações são decorrentes de fatores como:

- a retração química entre o cimento e a água provocando a redução de volume ocasionando as trincas;
- a retração por secagem da água excedente empregada na preparação da argamassa, sendo que a evaporação deste excesso de água gera forças capilares equivalentes as de uma compressão, produzindo sua diminuição de volume e conseqüentemente provocando as fissuras.

Além das causas citadas acima, Josiel (1975) descreve importantes fatores que interferem diretamente nos produtos a base de cimento, entre eles merece destaque que:

- quanto maior a finura do cimento maior a retração;
- quanto maior a quantidade de cimento na mistura, maior será a retração;
- quanto maior a finura dos agregados, maior será a retração, pois será necessária maior quantidade de pasta de cimento para cobri-los;
- quanto maior for a relação água cimento maior será a retração.

De acordo com Ribas (2002), as fissuras de retração ocorrem durante a execução da obra e se manifestam nas estruturas de concreto e nas argamassas utilizadas para assentamento, influenciando diretamente o conjunto da alvenaria, podendo desenvolver tensões que causam o surgimento de fissuras na alvenaria e, conseqüentemente, são transferidas ao RAF.

Um dos efeitos da retração de argamassas, como nos aponta Thomaz (1992), é a execução do fechamento do espaço entre o topo da parede e a face inferior da viga, que pode ser preenchido com tijolos em cunha, antes da secagem completa da argamassa de assentamento das alvenarias. O recalque plástico da argamassa somado a retração da mesma provocará o abatimento da alvenaria recém-construída. Caso o preenchimento da parede com o componente estrutural superior tenha sido realizado antes da secagem do conjunto, ocorrerá o destacamento entre a alvenaria e a estrutura conforme ilustra a figura 21.

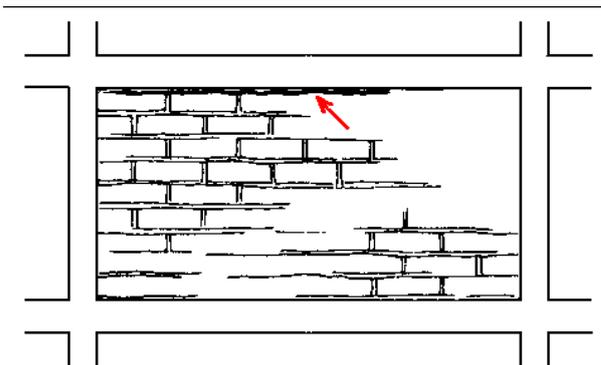


Figura 21 – Destacamento provocado pelo abatimento da alvenaria recém construída (THOMAZ, 1992)



Figura 22 - Fissuras de retração em concreto armado, causadas pela elevadíssima quantidade de cimento e/ou relação água-cimento do concreto (THOMAZ, 1992)

O consumo de água e/ou cimento excepcionalmente altos, provocam fissuras de retração com diferentes configurações e semelhantes às fissuras de retração em argamassas, como mostrado na figura 22.

3.1.4.7 Trincas e fissuras causadas por alterações químicas dos materiais de construção

Os materiais de construção são suscetíveis de deterioração pela ação de substâncias químicas que reagem com as de seus componentes. Pode-se citar as substâncias ácidas, álcoois e sais solúveis, entre outras. Dentre todas as deteriorações que se manifestam nos materiais da construção civil, as mais preocupantes são os ataques por sais e a corrosão das armaduras (THOMAZ, 1992)

3.1.4.8 Trincas e fissuras causadas por hidratação retardada de cales

A hidratação retardada da cal acontece quando há grãos de cal mal hidratada na cal utilizada para a execução da argamassa. Quando esses grãos isolados de óxidos ativos entram em contato com a água se hidratam e aumentam seu volume em até 100%.

Segundo Thomaz (1992) e Cincotto (1988), em argamassas de assentamento, por exemplo, a sua expansão pode gerar esforços no RAF, podendo

provocar o surgimento de fissuras acompanhando as juntas de assentamento da alvenaria, como mostra a figura 23.

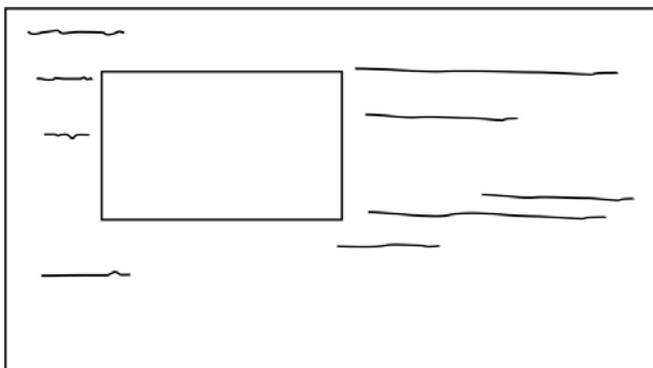


Figura 23 - Fissuras horizontais no revestimento provocadas pela expansão da argamassa de assentamento (THOMAZ, 1992).



Figura 24 - Expansão da argamassa de assentamento decorrente da presença de sulfatos (THOMAZ, 1992).

3.1.4.9 Trincas e fissuras causadas por ataques de sulfatos

Segundo Thomaz (1992), o sulfato em solução pode reagir com elementos químicos constituintes dos cimentos, como o aluminato tricálcico. Tal reação, que é acompanhada de grande expansão, forma o sulfoaluminato tricálcico, também conhecido como etringita.



Os sulfatos podem provir de águas contaminadas contidas no solo, bem como de componentes cerâmicos constituídos por argilas com altos teores de sais solúveis.

No caso da expansão de argamassas de assentamento compostas por argilas, por exemplo, ocorre inicialmente a expansão da alvenaria podendo, inclusive, ocorrer a desagregação da argamassa de assentamento, conforme ilustra a figura 24. Quando essas alvenarias, contaminadas por sulfatos, são revestidas por argamassas de revestimento, pode ocorrer o fissuramento do revestimento

decorrente da transmissão dos esforços decorrentes da expansão das juntas de assentamento, como na figura 25. Essas fissuras apresentam aberturas mais pronunciadas e acompanham as juntas de assentamento horizontais e verticais. Geralmente são acompanhadas de eflorescências. Além disso, os sulfatos solúveis podem migrar para o revestimento externo, provocando também a sua desagregação.

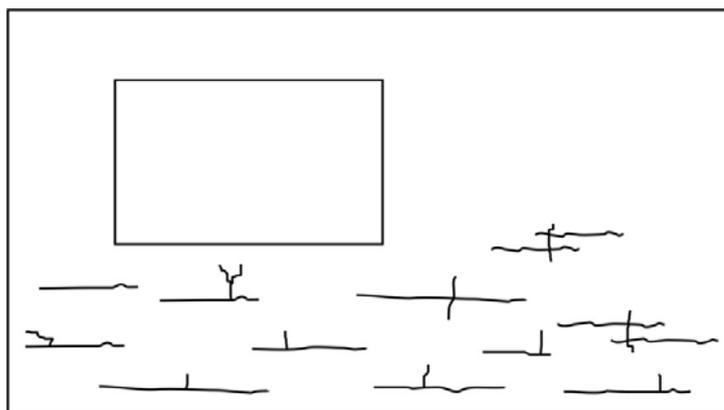


Figura 25 - Fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque por sulfatos na argamassa de assentamento com argila da alvenaria (Thomaz, 1992)

3.1.4.10 Trincas e fissuras causadas por corrosão de armaduras

A corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado vem sendo alvo de vários estudos por ser um fenômeno que, além de apresentar grande ocorrência, pode reduzir significativamente a vida útil do edifício, ocasionando conseqüências negativas às estruturas e também aos revestimentos de fachada. Helene (1993) comenta casos em que os problemas causados pela corrosão são tão severos que é preferível demolir a estrutura a realizar os reparos necessários, de custos normalmente muito elevados.

- **O processo da corrosão**

Segundo Helene (1993), o processo de corrosão das armaduras no interior do concreto é ocasionado principalmente por mecanismos eletroquímicos, ou seja, há uma reação química que envolve a condução de cargas (elétrons) entre regiões diferentes de um mesmo metal. Em uma região ocorrem as reações de perda de elétrons (região anódica), enquanto em outra se processam as reações de consumo de elétrons (região catódica).

A circulação de íons ocorre pelo eletrólito, que no caso do concreto é a solução contida nos seus poros. Na região anódica ocorrem as reações de oxidação do metal, que consiste na dissolução do átomo metálico ou na liberação de íons metálicos para o eletrólito e estabelecendo um fluxo de elétrons através do eletrodo (metal) para a região catódica.

Na região catódica ocorrem as reações de redução dos íons presentes no eletrólito, enquanto os elétrons livres com carga elétrica negativa passam pelo aço para o cátodo, onde são absorvidos pelos constituintes do eletrólito e combinados com a água e o oxigênio para formar os íons de hidroxila. Nessa região a reação que ocorre é a desagregação do ferro, ou seja, a corrosão.

Em condições normais, a armadura no interior do concreto encontra-se protegida química e fisicamente. A proteção química é fornecida pela fase aquosa, contida nos poros do concreto da camada de proteção (cobrimento), pois esta possui alta alcalinidade, favorecendo a formação de uma camada de óxidos de ferro estáveis na armadura, compacta e aderente sobre sua superfície, chamada de camada de passivação. (GENTIL, 1996).

Andrade (2000) e Francinete et al (1999) fazem notar que a camada de concreto deve apresentar pouca porosidade e não fissurar, a fim de dificultar o ingresso de agentes agressivos desencadeadores da corrosão, em especial os íons cloreto, o dióxido de carbono e o oxigênio. Entretanto, por apresentar uma estrutura porosa e eventuais fissuras localizadas, o concreto não funciona como uma barreira perfeita contra a penetração desses agentes desencadeadores e propagadores da corrosão, chegando-se à conclusão de que, dentro de algum tempo, a armadura será atacada e o processo de corrosão será reiniciado.

Segundo Gonzáles (1996), os produtos finais da corrosão possuem um volume maior que o aço original, aumentando de três a dez vezes o diâmetro da seção da armadura, o que pode acarretar tensões internas elevadas, gerando fissuração e destacamento do revestimento do concreto. Os efeitos sobre a estrutura afetam o aço, pela redução da seção ativa e decréscimo da resistência mecânica, e o concreto, pela fissuração, aparecimento de manchas de ferrugem e destacamentos do revestimento, resultando também na perda da aderência entre ambos e na danificação do RAF.

Neville (1997) pondera que os íons cloretos são considerados os agentes mais problemáticos no processo de corrosão das armaduras, tanto no que diz respeito ao período de iniciação quanto ao de propagação sendo necessária a avaliação mais apurada da espessura da camada de revestimento das armaduras das estruturas próximas a regiões marítimas.

Helene (1993) ressalta que o fenômeno da corrosão de armaduras, em geral, é mais freqüente do que qualquer outro fenômeno de degradação das estruturas de concreto armado, comprometendo-as tanto do ponto de vista estético quanto da segurança. O pesquisador ainda destaca que geralmente os estribos, as armaduras inferiores de vigas e as armaduras situadas na base inferior junto, aos cantos de pilares em contato com o solo, são mais propícios a sofrerem corrosões.

As fissuras decorrentes de corrosão, frequentemente, acompanham o alinhamento da armadura corroída. As figuras 26, 27 e 28 mostram as formas típicas de fissuras provocadas pela corrosão em vigas e pilares que são transferidas ao RAF, freqüentemente acompanhando sua forma:

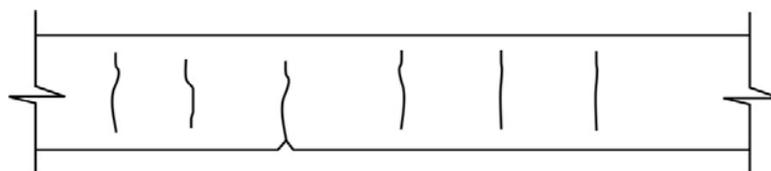


Figura 26 - Típica forma de fissuras em viga de concreto, particularmente nas posições dos estribos. Geralmente estas fissuras são acompanhadas pelo destacamento da camada de proteção (HELENE, 1993)

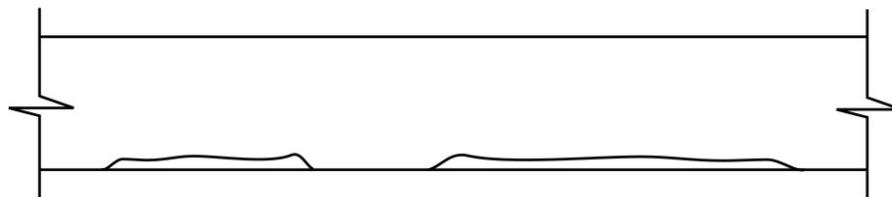


Figura 27 - Típica forma de fissuras e lascamento em viga de concreto, paralela às armaduras inferiores. Geralmente estas fissuras são acompanhadas pelo destacamento da camada de proteção (HELENE, 1993)

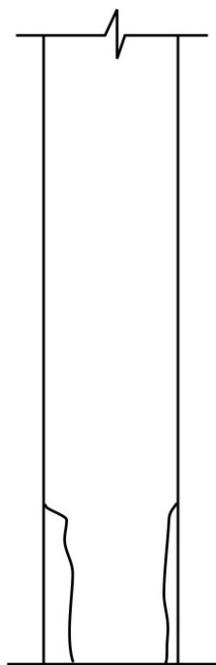


Figura 28 - Típica forma de fissuras e lascamento em pilar de concreto paralelamente às armaduras verticais. Geralmente estas fissuras são acompanhadas pelo destacamento da camada de proteção. (HELENE, 1993).

3.1.5 Biodeterioração

Segundo Uemoto (1999), vários fatores estão envolvidos nos processo de deterioração de revestimentos de fachadas, sejam em pinturas, concretos ou argamassas, podendo ser divididos em fatores bióticos e abióticos.

3.1.5.1 Fatores bióticos

Os fatores bióticos estão relacionados com os elementos biológicos que afetam uma edificação, tais como: insetos, raízes, bactérias, fungos e algas, entre outros. Devido ao enfoque, serão expostos somente os fatores que atuam mais freqüentemente nas fachadas: os fungos, as algas e os líquens.

Segundo Uemoto (1999) e Cincotto (1995), tanto fungos, quanto algas e líquens podem formar manchas de diversas cores nas fachadas, causando efeitos e aspectos indesejáveis e, em alguns casos, podendo até comprometer o revestimento superficial da edificação, colocando o RAF exposto às intempéries.

3.1.5.2 Os fungos

Segundo Allsopp (apud Uemoto, 1999), os fungos são os principais agentes da degradação dos revestimentos superficiais nas fachadas, pois, possuem grande adaptabilidade a meios estressantes tais como baixa umidade, variações bruscas de temperatura e quantidade mínima de nutrientes para sua alimentação.

As conseqüências ocasionadas pela presença dos fungos são preocupantes, visto que eles se alimentam, sobretudo, de materiais orgânicos fixados nas fachadas, algumas sujidades e monóxido de carbono. Possuem a capacidade de se alimentarem também de alguns componentes presentes nas resinas de revestimentos superficiais, como as tintas e os vernizes. Esses materiais possuem grande concentração de material orgânico em sua composição, de modo que os fungos podem causar danos à película das tintas.

Segundo Cincotto (1995), pode-se designar cientificamente como *bolor* as manchas decorrentes do acúmulo de fungos filamentosos sobre um substrato qualquer. O acúmulo do bolor causa o aparecimento de manchas escuras com cores de tonalidades pretas, marrons ou esverdeadas. Eventualmente aparecem manchas claras, esbranquiçadas, decorrentes de espécies mais raras.

Os fungos são organismos que não produzem seus alimentos, são heterotróficos, ou seja, necessitam de compostos orgânicos pré-elaborados. São constituídos de duas partes importantes: as hifas, responsáveis pela absorção de

nutrientes; e os esporos, responsáveis pela sua reprodução. Os esporos são dispersos pelo vento e pela água, e quando se fixam em algum substrato, permanecem no local até obterem condições adequadas para sua germinação.

Em colônias (bolor), os fungos possuem uma textura parecida a de uma esponja, como mostra a figura 29, com cor de tonalidades escuras, como mencionado anteriormente. Sua textura favorece a retenção de água e sua cor favorece a absorção de calor, auxiliando na manutenção do ambiente adequado a seu crescimento como a umidade e temperaturas elevadas.



Figura 29 - Foto ampliada mostrando o aspecto da textura de colônia de fungos (Thomaz, 1992)

Thomaz (2003), Uemoto (1999) e Cincotto (1995) são unânimes ao apontar as condições para o desenvolvimento de *fungos*: ambientes com umidade relativa do ar em torno de 80% e temperaturas entre 25° C a 30° C.

Segundo Cincotto (1995), são várias as espécies de fungos existentes, sendo mais comuns nos materiais de construção três tipos: o *cladosporium sp*, fungo de coloração escura que está presente em quase 100% dos casos; o *aureobasidium sp*, fungo também de coloração escura; e o *penicillium sp*, fungo de coloração clara, pouco presente nos casos de biodeterioração.

Segundo Cincotto (1995), mesmo que um material possua todos os nutrientes necessários para a proliferação de fungos, tais como carbono, nitrogênio, magnésio e fósforo, a propagação somente será possível quando existir umidade

suficiente para a germinação dos esporos. Portanto, para o aparecimento, manutenção e extensão do bolor no revestimento, a água é fator condicionante.

Além da umidade, Sato (2000), aponta outros fatores que contribuem para o desenvolvimento de fungos, como a composição, o pH ácido do substrato, e a temperatura ambiente. Esses seres necessitam de nutrientes que são encontrados em componentes orgânicos da pintura, ou mesmo em partículas do ar que contenham substâncias orgânicas e compostos de nitrogênio, principais alimentos destes microorganismos.

As fachadas típicas em edifícios brasileiros são compostas por estruturas e por alvenarias em blocos cerâmicos ou de concreto, revestidas por argamassas. Observa-se que o desenvolvimento de fungos em fachadas deste tipo ocorre de maneira diferenciada em função da porosidade do substrato sobre o qual é aplicada a argamassa, verificando-se que as regiões sobre a estrutura apresentam menor incidência de fungos do que sobre as áreas de alvenaria. Pode-se, inclusive, distinguir as fiadas dos blocos da argamassa de assentamento.

Segundo Sato (2000), a influência do substrato na ocorrência dos fungos se deve ao fato de que a umidade é absorvida, transportada e armazenada em quantidades diferentes, que dependem das características e constituição de cada material que compõem a fachada. Materiais mais porosos tendem a absorver e a reter mais água do que os menos porosos, demorando mais tempo para que a água absorvida seja evaporada. A diferença de umidade retida nesses materiais, juntamente com as temperaturas adequadas e os nutrientes necessários disponíveis, provoca o desenvolvimento de fungos com diferente intensidade. As regiões compostas por materiais mais úmidos, desenvolvem fungos de forma mais rápida e intensa do que as regiões menos úmidas. A tabela 7 demonstra o resultado de uma pesquisa realizada pelo autor, que compara as características de alguns componentes mais comuns em fachadas brasileiras:

Tabela 7 - Propriedades dos materiais e componentes de revestimento (SATO, 2000)

Material	Porosidade (%)	Absorção de água (%)	Massa específica aparente (Kg/m ³)
Argamassa 1:2:9	28,0	15,0	1730
Bloco cerâmico	31,9	22,0	1620
Bloco de concreto	12,4	6,7	1980
Concreto (vigas/pilares)	8,1	3,6	2260

Sato (2002) destaca ainda que os materiais podem absorver umidades não só de precipitação, mas também as decorrentes de condensações que podem ocorrer em fachadas, conforme é abordado no item 3.1.6.2.4.

3.1.5.3 As algas

Segundo Uemoto (1999), as algas são organismos que utilizam a luz solar para produzir seus alimentos, ou seja, são fotossintetizantes. Portanto, não dependem dos constituintes do material a que estão aderidos para se desenvolverem. Como vegetais, necessitam de água e luz, o que favorece seu crescimento principalmente em ambientes externos.

Segundo Skinner (apud Uemoto, 1999), as algas se desenvolvem sobre tintas e vernizes, bem como em alvenarias. Também se estabelecem nas superfícies de filmes de tintas acarretando, como principal conseqüência, o desfiguramento da superfície. A aplicação de pintura em alvenarias fissuradas, com desenvolvimento de agentes biológicos no seu interior, pode levar ao crescimento das colônias e resultar na ruptura do filme.

3.1.5.4 Os líquens

Hueck-Van Der Vals (apud Uemoto, 1999) esclarece que os líquens são organismos vivos desenvolvidos em decorrência da simbiose entre as algas e os fungos. Assim sendo, Honda (1998) define o líquen mais precisamente como sendo um organismo simbiótico composto por um fungo e uma ou mais algas. Ou seja, para existirem líquens é necessária a existência de fungos e de algas convivendo juntos. A figura 30 apresenta uma espécie de líquen:



Figura 30 - Exemplo de líquen (G.L. Bernard, acessado em <http://campus.fortunecity.com/yale/757/Liquens.htm>)

Segundo Cincotto (1995), tal como as algas, os líquens são fotossintetizantes e não dependem dos constituintes dos materiais aos quais se encontram aderidos. Os danos que os líquens provocam às superfícies são semelhantes aos das algas e dos fungos. Desenvolvem-se mais lentamente do que as algas e geralmente não são encontrados em superfícies novas até que as algas e os fungos tenham se estabelecido. São encontrados, normalmente, incrustados nas alvenarias, formando uma camada fina e firmemente aderida ao substrato, ou sob a forma de folhas chatas, formando rosetas e pouco aderidas a base. No estágio inicial os líquens podem ser facilmente confundidos com os fungos e com as algas.

3.1.5.2 Fatores abióticos

Uemoto (1999) relaciona os fatores abióticos aos fatores bióticos no que se refere aos fenômenos que contribuem para o seu desenvolvimento, tais como a umidade, a temperatura, os constituintes dos materiais, a insolação, a luz e os ventos. Embora o pesquisador destaque o conjunto desses fatores como influenciadores no crescimento dos agentes biológicos, Wrigth (1984) afirma que o teor de umidade contido na superfície da fachada é o fator mais importante que determina o padrão de crescimento dos organismos vivos. O umedecimento das superfícies depende das condições climáticas onde o edifício está implantado. Em regiões mais protegidas dos ventos, onde a umidade é maior, o crescimento é mais acentuado.

A natureza da superfície é muito importante na determinação do tipo de organismo e do seu padrão de crescimento. Os produtos a base de materiais orgânicos, como tintas e vernizes, são facilmente colonizados por agentes biológicos

que usam o carbono de seus constituintes como fonte de alimento. Os substratos de base inorgânica, apesar de não possuírem carbono em sua composição, podem reter materiais particulados - como a poluição atmosférica que deposita partículas compostas de carbono, enxofre e nitrogênio na superfície das fachadas - que servem como nutrientes para o desenvolvimento de micro organismos. As características físicas do substrato, como a textura ou a rugosidade, interferem na retenção de partículas da atmosfera. A porosidade aberta influencia a absorção de água no material, permitindo maior retenção da água de chuva, e auxiliando no desenvolvimento de agentes biológicos.

3.1.6 Umidade em fachadas

As manchas, as fissuras e as desagregações provocadas pela umidade nas fachadas, são as manifestações patológicas mais frequentes nos edifícios. Segundo Nappi (1996), essas anomalias aceleram o processo de deterioração dos materiais presentes, ocasionando condições de insalubridade e, conseqüentemente, gerando um desconforto pessoal a seus usuários. Uemoto (2002), acrescenta a tais aspectos negativos, a desvalorização do imóvel causada pela alteração do aspecto estético desencadeada pelo fenômeno.

Para Argillés (1999), analisar os problemas que a umidade causa às fachadas dos edifícios exige que se entenda como a água, em seus diversos estados (líquido, sólido e gasoso), tende a penetrar, a mover-se e a reagir no exterior e no interior dos componentes do RAF. O autor enfatiza que a água possui propriedades que a tornam o principal agente de deterioração de materiais. Isso pode ser atribuído à habilidade de dissolução de substâncias em contato com a água, à capacidade de penetração em cavidades ou em poros extremamente finos e, finalmente, por ela possuir maior temperatura de evaporação dentre os líquidos comuns, permanecendo em um material no estado líquido por mais tempo.

3.1.6.1 Mecanismo de transporte de umidade nos materiais

Nappi (2002) esclarece que o transporte de água na edificação é o fenômeno pelo qual essa substância - seja em estado líquido, seja em vapor - movimenta-se no interior dos poros dos materiais. Esse processo, todavia, é influenciado pelo tipo e pelo tamanho de poros e fissuras presentes no revestimento. Assim, para ocorrer esse fenômeno é imprescindível a existência de poros abertos ou fissuras no material que permitam a penetração das moléculas de água.

Argillés (1999) reforça que o transporte de vapor de água pelo interior dos poros de um material poroso se dá pela difusão, decorrente da diferença de pressão de vapor entre regiões do material, sendo que o fluxo ocorre da maior para a menor pressão, até ocorrer o equilíbrio entre elas. O transporte de água em forma líquida pelo interior de um material poroso se dá pela *capilaridade*: efeito da atração que a água exerce no interior dos poros interligados existentes em um material.

Todos os materiais porosos possuem um determinado teor de umidade, quer no estado líquido, quer no gasoso. Quando há variação no teor de umidade ocorrem tensões internas: a *expansão volumétrica*, quando o teor de água é aumentado, e a *retração*, quando há uma redução do teor de água pela sua evaporação. Os fenômenos de *expansão* e de *retração*, chamados de *movimentação higroscópica*, resultam, com o passar do tempo, na fadiga do material.

Segundo Freitas (apud Posser, 2004), no estado líquido o transporte ocorre condicionado à capilaridade, à gravidade e aos gradientes de pressão. Já no estado gasoso, a transferência se dá em decorrência da difusão e de movimentos convectivos¹. Os mecanismos que fundamentam a maioria das situações em que ocorre o movimento de água no interior dos materiais porosos são a *absorção*, a *condensação* e a *capilaridade*.

¹ Segundo Argillés (1999. p.17), o transporte de moléculas de vapor de água no ar em movimento se denomina *convecção*, e constitui o modo natural e mais eficaz da saída da umidade de locais úmidos.

3.1.6.2 Origem da umidade

A umidade pode se manifestar nos materiais e nos componentes da construção sob várias formas. Destacam-se, porém, as manifestações de umidade provindas do terreno, da construção, da precipitação, da condensação e de uma parceria entre a umidade provinda do terreno e a da oriunda da ação de fenômenos higroscópicos, conforme será visto a seguir.

3.1.6.2.1 Umidade do terreno

A umidade existente no solo migra por entre os poros abertos dos materiais constituintes das estruturas e das paredes de vedações que estejam em contato com ele. Quanto menor o diâmetro dos poros maior será a ascensão da água no material. De acordo com Eichler (apud Nappi, 1995), a água pode atingir alturas diferenciadas dependendo do diâmetro dos poros, conforme demonstra a tabela 8:

Tabela 8 - Altura da água em relação ao diâmetro dos capilares Eichler (apud Nappi, 1995)

Diâmetro dos capilares (mm)	Altura máxima (mm)
1,00	15
0,01	1500
0,0001	150000

Geralmente a ascensão da água numa parede será estabilizada no momento em que a quantidade de água evaporada for igual à absorvida do solo através da capilaridade.

Conforme discorrido quando se tratou da biodeterioração, a umidade é um dos principais agentes da deterioração de fachadas. Segundo Argillés (1999), uma das mais frequentes manifestações patológicas decorrentes da umidade do terreno nas fachadas dos andares térreos, mais especificamente, é o aparecimento de manchas provocadas pela ação dos agentes bióticos.

Outra manifestação patológica que a umidade do solo pode provocar através do fenômeno da capilaridade é a transferência de substâncias químicas presentes no solo, podendo gerar alterações no pH das camadas protetoras das armaduras e, conseqüentemente, o desencadeamento de corrosões.

3.1.6.2.2 Umidade de construção

Argilés (1999) define a umidade de construção como aquela originada na fase de construção da edificação. Nappi (1996) complementa que quase todos os materiais necessitam de água para sua confecção. O resultado é que, ainda que durante o processo de construção grande parte dessa água seja rapidamente evaporada, uma parte significativa demora muito mais tempo para ser liberada, como ocorre com a água retida no interior dos poros dos materiais.

Quase todos os materiais possuem uma quantidade de água mínima necessária para prover sua cura, como é o caso das argamassas e concretos, por exemplo. De tal modo, a redução da água do material num espaço muito curto de tempo pode gerar alteração nas propriedades físicas do material e ocasionar interferências no seu desempenho.

Henriques (apud Nappi, 1996), indica as três fases nas quais se divide o processo de secagem dos materiais de construção porosos. Na primeira fase ocorre somente a evaporação da água superficial; na segunda, a secagem da água contida nos poros com diâmetros maiores; e, somente na terceira, num processo bem mais lento, a evaporação da água contida nos poros mais finos.

Segundo Thomaz (1992), uma das principais anomalias decorrentes da umidade de construção é a fissura de retração em argamassas e concretos. Geralmente, são decorrentes da falta de controle no processo de elaboração e de cura dos materiais, ocasionando deformações irreversíveis. O gráfico 3 apresenta o percentual de retração que as argamassas sofrem em relação a quantidade de água e de cimento presentes durante a sua elaboração.

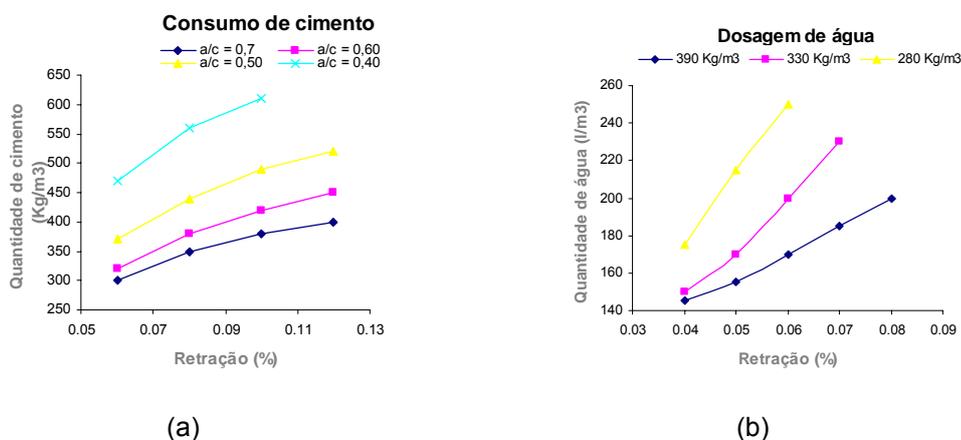


Gráfico 3 - Percentual de retração nas argamassas em relação as quantidades de (a) cimento e (b) água (THOMAZ, 2003)

Quanto maior a quantidade de cimento e de água empregados na composição da argamassa maior será a retração que o material sofrerá. Fiorito (1994) reforça que a porosidade da argamassa também é influenciada proporcionalmente pela quantidade de água, ou seja, quanto maior a quantidade da água, maior a porosidade da argamassa.

3.1.6.2.3 Umidade por precipitação

A umidade por precipitação refere-se à água da chuva que incide nas fachadas, cuja proteção ocorre pelos revestimentos superficiais aplicados sobre as superfícies que possuem a função de garantir o rápido escoamento, bem como a estanqueidade ao ar e à chuva (Argilés, 1999). As características de rugosidade e de porosidade do material de acabamento externo interferem na absorção e no escoamento da água, tendo como agentes variantes a intensidade de precipitação e o seu direcionamento com relação a fachada.

A penetração da água de chuva nas fachadas pode ocorrer em quatro níveis, conforme ilustra a figura 31: (A) água decorrente de chuva pouco intensa ou na fase inicial de chuva, quando é absorvida superficialmente pela vedação através da pressão promovida pelo fenômeno da capilaridade; (B) água absorvida após um determinado período, com a saturação dos poros superficiais; (C) água absorvida após o aumento da quantidade de água, sob a forma de uma lâmina, com fluxo lento

sobre a vedação já saturada; (D) água absorvida após chuvas muito intensas, quando a lâmina de água tem o fluxo mais rápido, facilitando o escoamento da água. Quanto mais rugosa a superfície, mais lento é o escoamento e maior a retenção de água sobre a superfície.

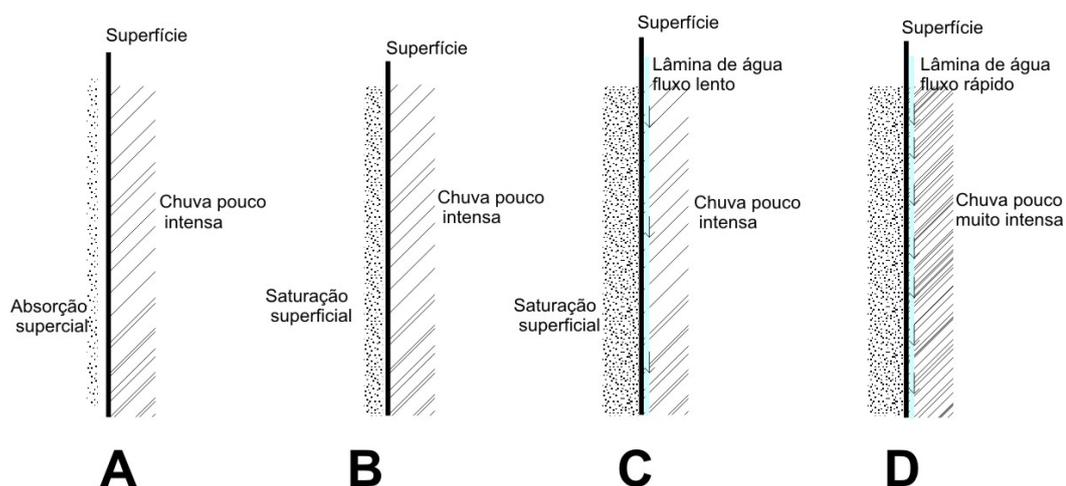


Figura 31 - Fases de interação da água nas fachadas (ARGILÉS, 1999)

Nas fachadas há partículas suspensas no ar que se depositam na superfície. De acordo com Barth (2000), a água da chuva, durante seu escoamento pela superfície, desloca essas partículas para a região inferior da fachada. As partículas muito aderidas à superfície que suportarem a força de escoamento da água ficarão junto à fachada, alterando seu aspecto. A geometria da fachada pode influenciar na maneira como a água escoou sobre a superfície, podendo criar regiões mais limpas do que outras, como ilustra a figura 32.

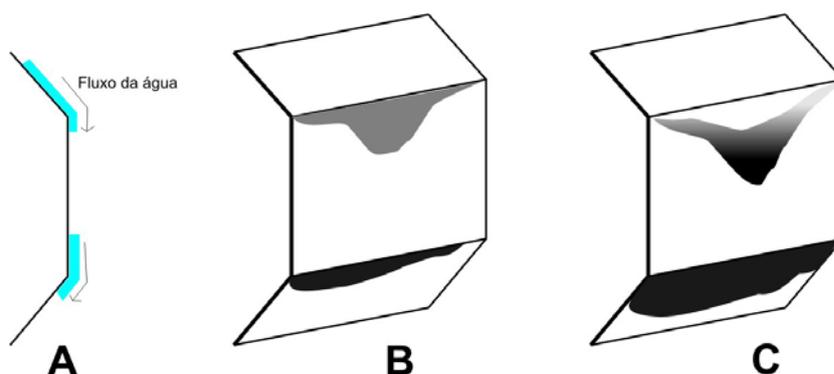


Figura 32 - Lavagem diferencial: (A) transporte de partículas nos planos das fachadas; (B) depósito de partículas onde o fluxo de água é mais lento; (C) surgimento de áreas lavadas e outras com acúmulo de partículas (BARTH, 1998)

As fachadas, quando formadas por planos que formam ângulos entre si, estão expostas de maneira diferenciada à ação da chuva, portanto, como revela Argillés (1999), a concentração de partículas torna-se diferenciada, ocorrendo em maior concentração nas zonas inferiores e junto aos vértices das zonas reentrantes, como ilustra a figura 33.

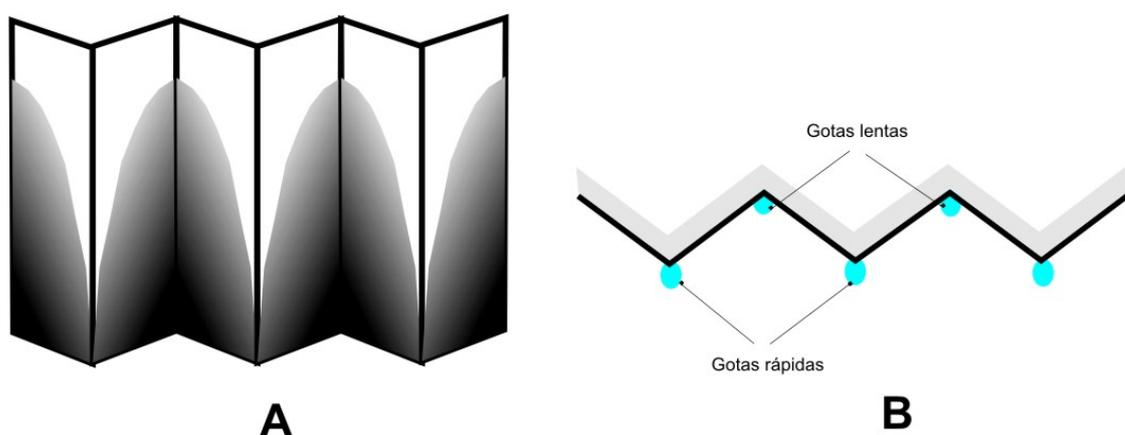


Figura 33 - Lavagem diferenciada em fachadas – (A) aspecto das manchas entre as placas e (B) vista superior – nas reentrâncias o escoamento das gotas de água é mais lento do que nas extremidades (ARGILÉS, 1999)

Segundo Barth (2001), as fachadas compostas por várias camadas de materiais podem apresentar cavidades e juntas que, quando abertas ou parcialmente abertas ao exterior, podem propiciar a penetração de água para o interior da vedação, alcançando até a parte interna da edificação. Essa penetração é decorrente do efeito de um ou mais fenômenos físicos, como a ação da gravidade, as tensões de capilares e a pressão exercida pelo vento.

Para Henriques (apud Nappi, 1996), o vento gera uma força horizontal diretamente proporcional à sua intensidade, aumentando ainda mais o poder de penetração da água nas paredes, conforme mostra a figura 34:

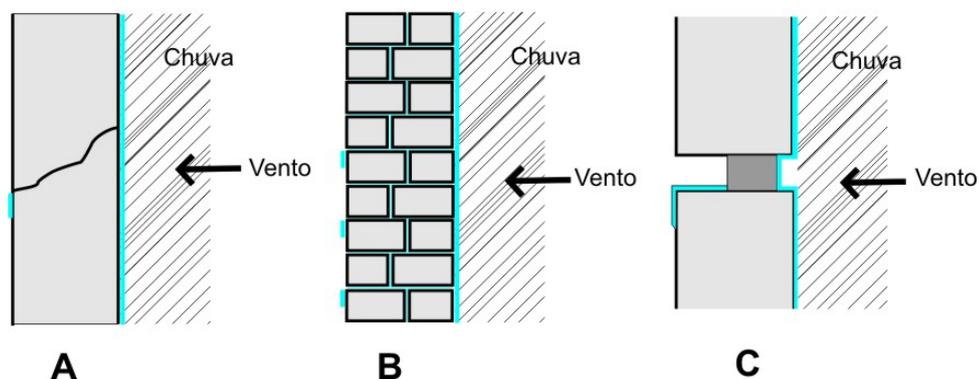


Figura 34 - Tipos de infiltrações em paredes – (A) infiltração de água por gravidade associadas à capilaridade e à pressão do vento; (B) infiltração de água através de meio poroso associada à capilaridade e à ação da pressão do vento; (C) água da chuva sob ação do vento em junta defeituosa (ARGILÉS, 1999)

3.1.6.2.4 Umidade de condensação

O ar pode conter vapor de água até uma quantidade limite que depende de sua temperatura. Argillés (1999) e Sato (2002) explicam que quando o teor de umidade contida no ar atinge sua escala máxima, ele é dito como *saturado*. Quanto mais elevada for a temperatura do ar, maior é a massa de vapor de água que este pode conter.

Por exemplo, se for liberada uma massa de vapor de água adicional em um ar atmosférico inicialmente a 20°C e com 80% de umidade relativa, e mantivermos a temperatura constante, a umidade relativa irá se elevar, podendo atingir a saturação (100% de umidade relativa). A partir dessa situação, qualquer excesso de vapor de água não poderá ficar contido no ar e irá se condensar. Por outro lado, se a quantidade de vapor de água contida no ar for mantida constante, mas a temperatura diminuir, a umidade relativa também irá aumentar e ocorrerá condensação se a temperatura for menor ou igual a 16,5° C. (SATO, 2002).

As fachadas são as mais prejudicadas por este fenômeno, pois geralmente possuem baixas temperaturas na manhã, podendo ocorrer a condensação da umidade do ar em sua superfície e em seus poros. Nas fachadas sul, que geralmente não recebem sol, a umidade superficial gerada pela condensação leva

mais tempo para secar, expondo a superfície à ação dos agentes biodeterioradores por mais tempo do que nas demais fachadas.

Segundo Argillés (1999), a umidade do ar pode condensar-se no interior dos poros de muitos materiais, podendo gerar, também, diversas anomalias que vão de eflorescências até desagregamentos e corrosões de armaduras.

3.1.6.2.5 Umidade provinda do terreno e ação do fenômeno de higroscopicidade

Nappi (2002) destaca que muitos materiais possuem na sua constituição sais solúveis em meio aquoso. Muitos desses sais também estão presentes em alguns solos, principalmente nos ricos em matéria orgânica. Ao entrar em contato com a água os sais se dissolvem e migram juntamente com a água para o interior dos materiais em contato, através do fenômeno da capilaridade, deslocando-se até a superfície onde ocorre a evaporação da água e, conseqüentemente, a cristalização dos sais. Esse processo de dissolução e cristalização freqüentemente gera um aumento de volume nos cristais, provocando elevadas tensões nos poros internos do material. O resultado pode ser a desagregação da área contaminada.

A umidade existente no ar também pode provocar a dissolução do sal. Quando a umidade relativa do ar for superior à umidade relativa de equilíbrio da solução do sal, este irá se dissolver; porém, quando a umidade relativa do ar for inferior à umidade relativa de equilíbrio da solução, o sal poderá cristalizar-se.

Wilimzig (2003) atribui a desagregação, à pressão desenvolvida pelo aumento de volume dos sais ocorrida no momento em que eles se hidratam, conforme apresenta a tabela 9:

Tabela 9 - Aumento de volume dos sais devido à hidratação (WILIMZIG, 2003. p. 16)

Sal anidro	Temperatura de mudança (C°)	Sal hidratado	Aumento de volume (%)
Na_2SO_4	32	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	420
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	35	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	360
$\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	48	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	290

A figura 35 ilustra a seqüência do fenômeno da desagregação de um material poroso provocada pela cristalização de sais:

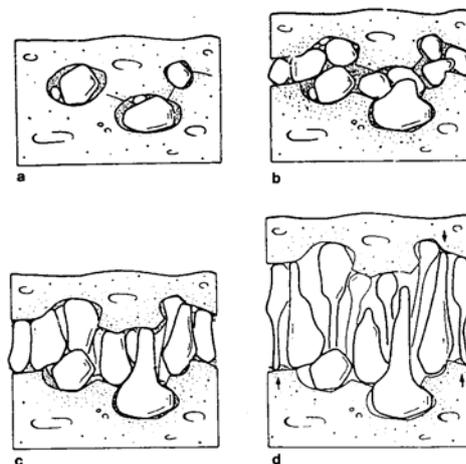


Figura 35 - a) Sais depositados na porosidade do material; b), c) e d) aumento do volume das partículas de sal no decorrer de suas cristalizações, provocando tensões internas no material, desencadeando sua desagregação (ARGILÉS; 1999)

Nappi (2002) também chama a atenção sobre os aglomerantes hidráulicos utilizados conjuntamente em argamassas, como o cimento Portland e a cal hidráulica, por exemplo, que em contato com muita umidade podem formar:

a *etringita*: $\{Ca_6[Al(OH_6)]_2 \cdot 24H_2O\} \cdot [(SO_4)_3 \cdot H_2O]$ e

a *taumasita*: $\{Ca_6[Si(OH_6)]_2 \cdot 24H_2O\} \cdot (SO_4)_2 \cdot (CO_3)_2$,

pois contêm os elementos necessários para a sua formação. A formação dessas reações químicas na argamassa pode gerar o seu desagregamento.

Para a formação da *etringita* é necessária a presença de sulfato e do aluminato hidratado de cálcio (ambos presente no cimento hidratado), porém, para ocorrer a expansão é necessário a presença da cal. A *taumasita*, entretanto, não necessita da cal para prover a expansão: a presença de silicato hidratado de cálcio, sulfato e umidade já são suficientes por si só para desencadear a reação química acompanhada de sua expansão (Colleparidi apud NAPPI, 2002).

4 ANÁLISE DOS ESTUDOS DE CASO

Atendendo a metodologia adotada, foram escolhidos três edifícios para o desenvolvimento deste trabalho em acordo com os critérios adotados descritos no item 4.1. Todos os edifícios situam-se na cidade de Florianópolis, como mostra a figura 36, sendo denominados como Edif. Trindade, Edif. Estreito e Edif. Ingleses.



Figura 36 – Localização dos edifícios em Florianópolis- SC.
(disponível em: <<http://www.inf.pucrs.com.br>>)

4.1 CRITÉRIOS NA ESCOLHA DOS ESTUDOS DE CASO

Optou-se por desenvolver o trabalho através de três edifícios situados em bairros distintos, sendo um situado na região continental, outro situado próximo à região central, e o último situado em uma das praias que possuem edifícios residências com múltiplos pavimentos.

Foram quatro os critérios utilizados para a escolha dos edifícios. O primeiro foi estar situado em Florianópolis; o segundo, possuir manifestações patológicas nas fachadas; o terceiro, estar no início de efetuar manutenções reparativas; e o quarto,

possuir os projetos arquitetônicos originais registrados na Prefeitura Municipal de Florianópolis.

4.2 COLETA DAS INFORMAÇÕES

As primeiras informações obtidas foram colhidas verbalmente através de entrevistas com moradores, sempre procurando o contato com os que moravam há mais tempo no local e que dispunham de mais informações sobre o histórico do edifício.

Foram também obtidos, quando previamente disponíveis, elementos considerados importantes para nosso trabalho, tais como o projeto de edificação, o memorial descritivo, os projetos complementares e os dados sobre as condições climáticas de Florianópolis.

Para o registro dos dados foi utilizada a seguinte sistematização:

- localização: situação, orientação solar e proximidade do mar;
- descrição do edifício: data da conclusão da obra, descrição do sistema construtivo, material de revestimento, quantidade e sistema de manutenções realizadas;
- documentação: projetos de arquitetura;
- características do projeto: área construída, forma arquitetônica, técnicas construtivas, materiais utilizados, fachadas, cores, etc;
- registro e descrição das manifestações patológicas: fotos e descrição das anomalias encontradas.

Destaca-se, desde já, que serão omitidos nesse trabalho o nome de síndicos e de moradores colaboradores, o nome real dos edifícios, bem como a identificação de todos os envolvidos na construção das edificações que compõem as amostras estudadas, devido à natureza do trabalho.

4.3 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO DE FLORIANÓPOLIS

A cidade de Florianópolis está situada na Região Sul do Brasil e é composta por duas áreas, a primeira insular e a segunda continental. Sua localização geográfica é 27° 35' de latitude sul e 48° 30' de longitude oeste (UFSC-LCA).

O clima da região se destaca pela grande variação das temperaturas ao longo do ano, caracterizada pela presença marcante das quatro estações. De acordo com o Epagri (2002), a variação média da temperatura na Região Sul do Brasil fica entre os 18°C e os 21°C. Contudo, mais precisamente na região leste Santa Catarina, a variação de temperatura pode se alterar significativamente no verão, mantendo-se entre os 15°C e os 27°C. Em Florianópolis, eventualmente, a temperatura máxima chega aos 33 °C e a mínima aos 07 °C, podendo ocorrer durante um mesmo dia uma diferença de até 14° C num espaço muito curto de tempo.

A umidade relativa do ar anual média varia entre 82 e 84%, conforme demonstra a figura 37, apresentando chuvas freqüentes, principalmente entre a primavera e o verão.

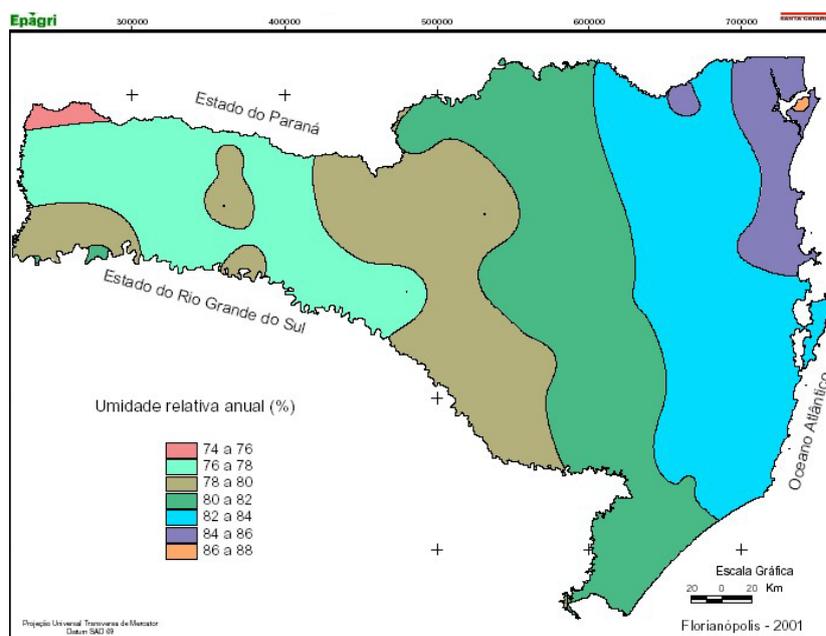


Figura 37 - Mapa da umidade relativa anual média em Santa Catarina - Epagri (2002)

Os ventos predominantes na região de Florianópolis são o nordeste e o sul, com velocidade média em torno de 3,2 m/s (UFSC – LCA).

4.4 CASO A - EDIFÍCIO TRINDADE

O primeiro estudo de caso analisa um edifício residencial próximo ao mangue a ao mar, no bairro Trindade, em Florianópolis, denominado Ed. Trindade, conforme mostram as figuras 38 e 39:



Figura 38 - Foto da fachada Sudeste do Ed. Trindade (Caso A)



Figura 39 - Situação do lote no bairro (adaptado, IPUF² -2006)

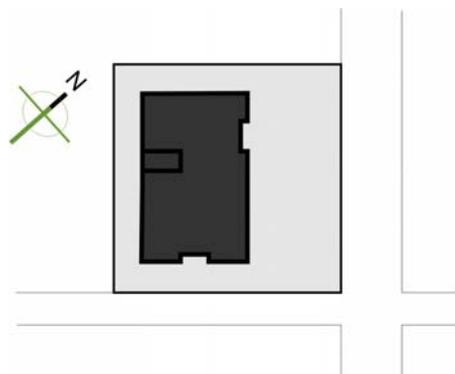
4.4.1 Localização e entorno imediato

O edifício está situado na Rua Procópio Manoel Pires, no bairro Trindade, em Florianópolis, próximo ao terminal urbano do referido bairro. O edifício possui duas ruas que o contornam. A primeira faz frente com a fachada sudeste e a segunda com a fachada nordeste, como mostra a figura 39. Próximo ao edifício, aproximadamente 500 m a nordeste, encontra-se o mar da Baía Norte.

A fachada sudoeste recebe pouco sol no final da tarde, em função da barreira solar decorrente de um edifício muito próximo. Já as fachadas nordeste e norte são muito arejadas, recebendo sol regularmente e direcionadas ao mangue e ao mar. A fachada sudeste recebe luz solar somente nas primeiras horas da manhã, como mostra a figura 40.

² IPUF – Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis.

Nas ruas que circundam a quadra registra-se grande circulação de ônibus e de outros veículos. Junto ao fundo do lote existe um terreno baldio que possui um



córrego que se comunica com o mangue próximo.

Figura 40 – Implantação do edifício no lote e orientação solar (sem escala)

4.4.2 Descrição do edifício

O edifício foi concluído em 1988, com infra e supra estrutura constituídas em concreto armado, paredes de vedação em alvenaria com blocos cerâmicos de seis furos e revestido com argamassa composta por cimento, cal e areia fina, o que resultou em paredes externas com 16 cm de espessura média.

Sua primeira pintura foi realizada sobre o reboco selado com tinta PVA em duas tonalidades, sendo a clara, na cor branca, abrangendo áreas maiores, e a escura abrangendo as faixas formadas pelas vigas e paredes frontais externas das sacadas.

Em 1995, ocorreu a primeira manutenção nas fachadas, sendo realizada a colocação de revestimento cerâmico nas paredes frontais externas das sacadas e efetuada uma pintura externa com tinta acrílica, bem como a substituição da impermeabilização da laje do piso do ático.

4.4.3 Documentação

O projeto de arquitetura foi obtido junto à prefeitura de Florianópolis, sendo fornecidos as plantas baixas, os cortes e as fachadas. Os demais projetos complementares, bem como o memorial descritivo, não foram localizados.

4.4.4 Características do projeto

4.4.4.1 Planta baixa

Como se pode verificar no anexo A1, a planta do pavimento tipo é composta por dois apartamentos de dois dormitórios e um apartamento com um dormitório, num total de onze apartamentos incluindo o térreo e a cobertura.

Todos os dormitórios foram projetados para a orientação leste e oeste, porém, os situados na fachada oeste apresentam pouca incidência de luz solar durante a estação de inverno, situação agravada ainda mais pela proximidade do morro da Cruz, que provoca sombra no fim da tarde.

O edifício possui cinco pisos, sendo o térreo composto por uma garagem e uma unidade autônoma, como mostra o anexo A2; três pavimentos tipo e um de cobertura no mesmo nível do ático. O telhado é composto por estrutura de madeira e telhas de fibrocimento com platibandas em seu contorno, como pode ser verificado no anexo A3.

4.4.4.2 Descrição das fachadas

As fachadas são constituídas de paredes planas com revestimento de argamassa, tendo como sistema de revestimento superficial uma pintura com tinta acrílica com tonalidade clara. O edifício possui poucos volumes, a exceção da região das sacadas situadas nas fachadas sudeste e nordeste, que apresentam pequenos volumes formados por pequenas reentrâncias, como mostram as figuras 41 e 42.

As fachadas apresentavam frisos, no projeto inicial, demarcando as vigas do edifício, conforme os anexos A4, A5, A6 e A7, que também serviam como base para o desenvolvimento da distribuição das cores que foram posteriormente alteradas.



Figura 41 - Vista da fachada Sudeste



Figura 42 - Vista da fachada Nordeste

Vale ressaltar que a fachada noroeste no projeto original não recebeu o mesmo tratamento das demais, ficando sem os frisos. Talvez o autor do projeto a tenha considerado menos importante, deixando-a somente com uma cor, como pode ser verificado no na figura 43.



Figura 43 - Foto da fachada Noroeste

As superfícies das fachadas com RAF apresentam $754,36 \text{ m}^2$, com pintura acrílica em uma única tonalidade. As faces externas das sacadas situadas nas fachadas sudeste e nordeste receberam revestimento cerâmico na primeira manutenção, em 1995, abrangendo uma superfície de $23,71 \text{ m}^2$, sendo $8,91 \text{ m}^2$ na fachada sul e $14,80 \text{ m}^2$ na leste. O edifício possui tonalidade clara em todas as fachadas, tendo como contraste a tonalidade escura gerada pelo revestimento cerâmico das sacadas. Apesar da existência dos frisos, nessa intervenção não foi utilizada uma segunda cor, como na primeira pintura relatada pelos moradores.

4.4.4.3 Influência das condições climáticas nas fachadas

O vento sul atinge a fachada sudeste e sudoeste, todavia, apesar de ser o mais intenso, é menos freqüente e protegido geograficamente pelo Morro da Cruz. O vento nordeste é o mais freqüente e atinge diretamente a fachada nordeste. A fachada sudoeste é a mais prejudicada quanto a umidade, pois é pouco arejada e recebe sol somente num pequeno período no final da tarde. A fachada sudeste, apesar de receber insolação somente no início da manhã, é bem arejada. A fachada noroeste recebe sol durante toda a tarde e também é muito arejada.

4.4.5 Registro e descrição das manifestações patológicas

Os registros das manifestações patológicas foram realizados através de fotos produzidas durante a vistoria do edifício, sendo a metodologia baseada no método de Lichtenstein (1986), conforme apresentado na Introdução.

Foi realizada no RAF de todas as fachadas uma verificação percutida³ de modo a verificar a ocorrência de pontos em processo de destacamento.

4.4.5.1 Descrição da Anomalia A1

A anomalia A1 foi caracterizada por três aspectos claramente observados:

- a) apresentou destacamento do RAF (a região afetada gerou som cavo quando percutida);
- b) verificou-se a existência de fissuras na região do destacamento;
- c) verificou-se, também, mancha de bolor em torno da região do destacamento do RAF, conforme revelam as figuras 44 e 45:

³ Consiste em bater com pouca pressão com uma ferramenta de madeira ou de borracha, sobre uma superfície, verificando o tipo de som resultante. Um som mais agudo indica que a superfície está aderida à base, um som grave ou cavo indica que a superfície não está aderida a base (ABNT 13749).



Figura 44 – Fissuras no RAF e manchas de bolor no pilar situado na garagem térrea



Figura 45 - Detalhe das fissuras

4.4.5.1.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia A1

Através da verificação visual e percutida estabeleceram-se algumas hipóteses. A primeira estabelecida foi que a camada de RAF destacou-se do substrato tendo como causa a corrosão da armadura do pilar provocada pela penetração de umidade de precipitação. Após provocar um ambiente úmido, teria sido favorecido o desenvolvimento de microorganismos sobre o revestimento superficial, causando as manchas escuras observadas.

A segunda hipótese foi sobre a possibilidade da camada de cobrimento da armadura ser de espessura insuficiente para prover sua proteção, o que, juntamente com a umidade provinda do solo e com a diferença de potencial existente na região afetada, poderia ter desencadeado o processo de corrosão da armadura. Esse fator teria gerado o destacamento do RAF observado, sendo as manchas de mofo existentes resultado da umidade prolongada (THOMAZ, 1992).

Já a terceira hipótese referiu-se à umidade do solo, que pode ter transportado sais solúveis e agentes agressivos presentes no terreno para o RAF e

para a camada de cobrimento, alterando o pH da região e desencadeando o processo de corrosão da armadura, fator gerador do destacamento do RAF observado (ARGILLÈS, 1999).

4.4.5.1.2 Diagnóstico mais provável da anomalia A1

As três hipóteses formuladas se complementam entre si, assim chegou-se ao seguinte diagnóstico mais provável: A *causa* da anomalia foi a presença de umidade prolongada no RAF e no concreto, associado a pouca espessura da camada de cobrimento gerando o desencadeamento do processo de corrosão da armadura, podendo-se determinar que a origem da anomalia ocorreu por falha construtiva; a umidade a que se refere provavelmente foi provinda do solo através do fenômeno da capilaridade e pela umidade de precipitação; como consequência da corrosão, ocorreu o fissuramento e o destacamento do RAF; vale ressaltar que o trecho afetado está situado na fachada Sudeste que recebe pouca luz solar, dificultando a evaporação da umidade superficial nesta região, favorecendo o desenvolvimento dos microorganismos visualizados.

4.4.5.1.3 Propostas alternativas de reparos para a anomalia A1

Analisando a hipótese mais provável, segundo Lichtenstein (1986), deve-se inicialmente avaliar a alternativa de reparo de menor custo de modo a resolver a causa do problema, ou seja, procurar eliminar o agente causador da manifestação patológica, que nesse caso especificamente é a umidade.

Conforme foi possível verificar no item 3.1.4.10 sobre a corrosão de armaduras, esse fenômeno só pode ocorrer com a combinação de três elementos: a água, o oxigênio e a diferença de potencial na armadura. Assim, a primeira medida a tomar é tentar diminuir a incidência de umidade na região e a segunda, tratar os efeitos decorrentes da causa. Nesse caso, seria o tratamento das armaduras corroídas, a substituição do RAF, a eliminação dos microorganismos e a execução de pintura. Todavia, caso não seja eliminada a umidade, as ações reparativas provavelmente serão somente paliativas.

4.4.5.1.4 Forma de correção proposta para a anomalia A1

Para a redução da umidade provinda do solo é necessário desenvolver um sistema de drenagem próximo a região afetada, objetivando diminuir a quantidade de água que penetra no solo durante as chuvas (THOMAZ, 1992). Substituir a camada de RAF em torno do pilar por uma argamassa com menor porosidade e com aditivos impermeabilizantes que possam vedar os poros abertos da argamassa, desta maneira protegendo o pilar da umidade de precipitação.

No que se refere ao tratamento da armadura, a remoção da camada de RAF e de concreto solto devem ser feitas até que se alcancem os trechos de armaduras e de concretos em perfeito estado, utilizando para tanto ponteiras e marreta. Deve-se escarificar de fora para dentro, obtendo-se uma superfície rugosa e coesa, conforme mostra a figura 46:

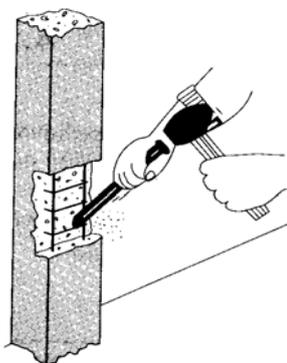


Figura 46 – Escarificação manual
(HELENE, 1986)

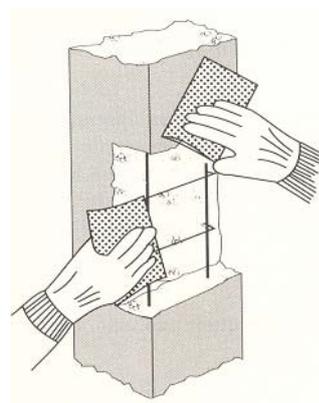


Figura 47 – Lixamento manual
(HELENE, 1986)

Para a remoção de todo o resíduo da corrosão do aço, até que o mesmo adquira sua coloração natural, utiliza-se uma escova com cerdas de aço e procede-se ao lixamento com lixa de água para aço, conforme ilustra a figura 47. O trabalho é complementado com a aplicação de produto contra corrosão catódica e anódica a base de zinco ou de polímeros, aplicadas somente na armadura, com a utilização de trinchas de cerdas macias, conforme mostra a figura 48.

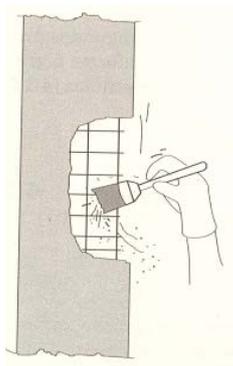


Figura 48 - Aplicação de protetor de armadura (HELENE, 1986)

Para a criação de uma ponte de aderência, cujo objetivo é criar uma superfície de base que facilite a aderência da argamassa de recuperação a ser aplicada posteriormente, aplica-se nata de cimento com aditivo adesivo com base acrílica. Este, deve ser aplicado sobre o concreto umedecido momentos antes de receber a argamassa de recuperação.

Após a realização de todas as etapas de preparação, aplica-se a argamassa de reparo, em pequenas profundidades, (de até 2,5 cm) e concreto fluído, quando em profundidades maiores. A argamassa de reparo é adicionada manualmente até o preenchimento total da cavidade, já o concreto fluído necessita de execução de formas para a sua aplicação. Após o preenchimento da cavidade, executa-se a regularização e o acabamento do reparo.

A Recomposição do RAF removido se faz utilizando argamassa com pouco porosidade e com aditivo impermeabilizante. Já a aplicação do revestimento superficial pode ser feita através da aplicação de tinta para proteção e acabamento, conforme as descrições do fabricante.

4.4.5.1.5 Formas de manutenção do reparo da anomalia A1

Manter a pintura limpa e sempre em bom estado, realizando lavações periódicas com a aplicação sobre as superfícies de solução a base de hipoclorito de sódio diluído em água limpa. Realizar a limpeza mecanicamente, através de hidrojateamento, ou manualmente, utilizando escova com cerdas de nylon (ARGILÉS, 1999). Além disso, manter os sistemas de drenagem do terreno sempre em bom estado.

4.4.5.2 Descrição da anomalia A2

Nas figuras 49 e 50 pode-se observar o estado em que se encontram as fachadas sudeste e noroeste, tendo seu revestimento superficial manchado de forma generalizada. Na fachada oeste pode-se verificar a existência de manchas escuras, que se concentram em torno da platibanda e do reservatório superior, bem como nas regiões abaixo das janelas de alguns banheiros e áreas de serviço. Pode-se verificar ainda que na fachada sul as manchas evidenciam os trechos compostos pela alvenaria de blocos cerâmicos e pela estrutura em concreto armado.



Figura 49 – Vista da fachada oeste e sul



Figura 50 - detalhe do aspecto do revestimento superficial abaixo da janela do BWC, danificado pela ação da umidade e de micro-organismos

4.4.5.2.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia A2

Avaliando a anomalia A2 verifica-se que se trata de desenvolvimento de microorganismos, tais como fungos, algas ou líquens, que se estabeleceram sobre o revestimento superficial do RAF. A primeira hipótese estabelece que as manchas em ambas as fachadas são provenientes de micro organismos, sendo a fachada sudoeste mais prejudicada por receber pouca luz solar direta e pela existência de infiltrações provindas de falhas nas impermeabilizações dos boxes dos banheiros, ou

pela falta de manutenção do rejuntamento dos pisos e das paredes dos banheiros e das áreas de serviço (THOMAZ, 1992).

A segunda hipótese estabelece que as manchas situadas em torno das platibandas são provenientes da proliferação de micro organismos, situação agravada pelo comprometimento da impermeabilização da calha do telhado, bem como, pelo acúmulo de sujidades na superfície superior da platibanda que, com as chuvas, são lançadas nas fachadas, criando um ambiente propício para o desenvolvimento dos agentes biodeterioradores (ARGILÉS, 1999).

A terceira hipótese estabelece que as manchas observadas na fachada sul são provenientes do desenvolvimento de fungos nos trechos que se mantêm úmidos por mais tempo. A região onde se encontra a alvenaria absorve mais umidade do que a região de concreto, pois os blocos cerâmicos são mais porosos, assim a região que contem mais água (alvenaria) leva mais tempo para secar permitindo o desenvolvimento mais acentuado de microorganismos do que a região (concreto) com menos água contida (SATO, 2002).

4.4.5.2.2 Diagnóstico mais provável da anomalia A2

Ao avaliar as hipóteses formuladas verificou-se que elas se complementam, assim, chegou-se ao seguinte diagnóstico mais provável: a anomalia A2 deve ter como causa a proliferação de agentes biodeterioradores provenientes da falta de manutenção preventiva (lavações e repintura) das superfícies, falta de manutenção das áreas internas dos banheiros e áreas de serviço e da inexistência de protetores e pingadeiras sobre o topo das platibandas. Pôde-se determinar duas origens da anomalia. A primeira ocorreu por falha de projeto decorrente falta de descrição das proteções sobre as platibandas, e a segunda, pela falta de manutenção das fachadas.

4.4.5.2.3 Alternativas de correção para a anomalia A2

Há a necessidade de se efetuar várias intervenções preventivas e reparativas com o objetivo de amenizar a ação dos agentes biodeterioradores

causadores da anomalia. Primeiramente, devem-se eliminar os focos prováveis de infiltrações nos banheiros e na área de serviço, avaliando a possibilidade de possíveis vazamentos em tubulações e verificando se as impermeabilizações dos boxes dos banheiros se encontram satisfatórias, verificando, ainda, se os rejuntas estão em bom estado de conservação. Deve-se executar a colocação de protetores com pingadeiras sobre as platibandas e realizar a repintura das fachadas.

4.4.5.2.4 Forma de correção proposta para a anomalia A2

Realização das manutenções internas nos banheiros e nas áreas de serviço, através da manutenção do box dos banheiros e das áreas de serviço, removendo-se os rejuntas existentes e substituindo-os por material novo. Deve-se, também revisar as tubulações das instalações hidráulicas e de esgoto e verificar a existência ou não de vazamentos nas tubulações dos banheiros e nas áreas de serviço.

A colocação de proteção sobre as platibandas com pingadeiras também é muito importante. A instalação de protetor sobre o topo da platibanda com pingadeiras nas extremidades inferiores, conforme demonstra a figura 51, deve ser feita de forma a evitar o escorrimento de sujeiras para as superfícies das fachadas e a penetração de umidade para o interior da parede.

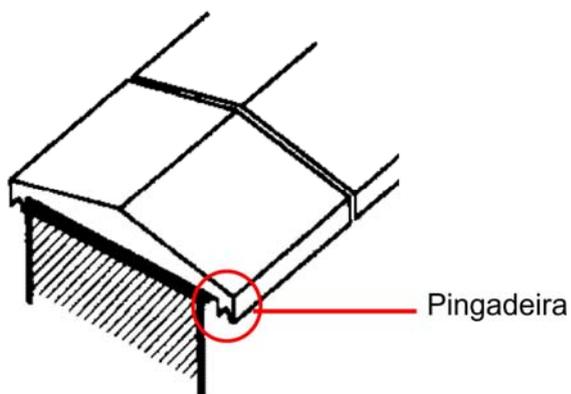


Figura 51- Perspectiva do protetor de platibanda com pingadeiras nas extremidades inferiores

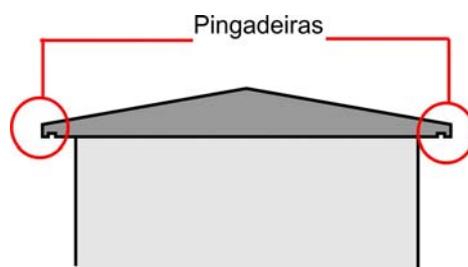


Figura 52 - Corte do respectivo protetor de platibanda. (ARGILÉS, 1999)

Para que se proceda a limpeza e a pintura das fachadas, faz-se necessária a remoção dos agentes biodeterioradores através de sua lavagem com aplicação de solução à base de hipoclorito de sódio diluído em água limpa e a realização da limpeza mecânica, através de hidro-jateamento, ou manualmente, utilizando escova com cerdas de nylon (ARGILÉS, 1999). A remoção da camada da tinta solta, pulverulenta e decomposta, não removida durante o processo de lavagem, deve ser feita através de raspagem com ferramenta adequada (espátula) de forma manual até encontrar o RAF em bom estado (UEMOTO, 2002).

Em seguida, procede-se à aplicação de fundo preparador⁴ sobre as superfícies restauradas, aglutinando as partículas soltas e permitindo a ancoragem para a pintura de acabamento (UEMOTO, 2002). A aplicação de massas niveladoras, com o objetivo de preencher os baixos relevos deixados durante a retirada das camadas de tintas soltas deve ser feita nesse momento, sendo lixadas após secagem (ARGILÉS, 1999). Por fim, faz-se a aplicação da tinta de acabamento conforme recomendações técnicas do fabricante (UEMOTO, 2002).

4.4.5.2.5 Forma de manutenção do reparo da anomalia A2

Realizar periodicamente lavagens preventivas das fachadas com solução à base de hipoclorito de sódio diluído em água limpa, realizando a limpeza mecânica, através de hidro-jateamento, ou manualmente, utilizando escova com cerdas de nylon (ARGILÉS, 1999). Manter flexíveis os rejuntas dos protetores das platibandas e os rejuntas das paredes, dos pisos dos banheiros e das áreas de serviço sempre em bom estado, bem como verificar se há ocorrência de vazamentos nas tubulações hidro-sanitárias.

4.4.5.3 Descrição da anomalia A3

As figura 53 e 54 ilustram a ocorrência de destacamento pontual do RAF situado na região inferior das vigas das sacadas. Pode-se verificar também que a

⁴ Fundo preparador de parede é um produto aglutinador de partículas soltas do substrato, que após seco, forma uma camada totalmente fixada à base permitindo a ancoragem da tinta de acabamento.

anomalia está localizada no alinhamento vertical abaixo das saídas pluviais em todas as sacadas.



Figura 53 - Registra o posicionamento das demais rachaduras, todas localizadas no alinhamento das saídas pluviais.



Figura 54 - Rachaduras no RAF decorrentes da corrosão das armaduras da viga.

4.4.5.3.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia A3

Através da verificação visual e percutida estabeleceram-se duas hipóteses. A primeira hipótese estabelecida foi sobre a possibilidade da camada de cobertura da armadura ser de espessura insuficiente para prover sua proteção. Entretanto, a umidade de precipitação que deságua da sacada através de suas saídas pluviais com pouco caimento, retorna para a fachada, tornando a região inferior da viga úmida, auxiliando no processo de corrosão da armadura, fator gerador do destacamento do RAF observado.

A segunda hipótese estabelecida foi que uma pequena quantidade de água de precipitação nas sacadas, é conduzida pelas saídas pluviais. Outra parte dessa água migra para o interior da parede através de falhas no arremate da impermeabilização em torno das saídas pluviais, conseqüentemente alcançando a viga, tornando a região inferior úmida, desencadeando o processo de corrosão da armadura, fator causador do destacamento do RAF observado. A figura 55 demonstra esta hipótese.

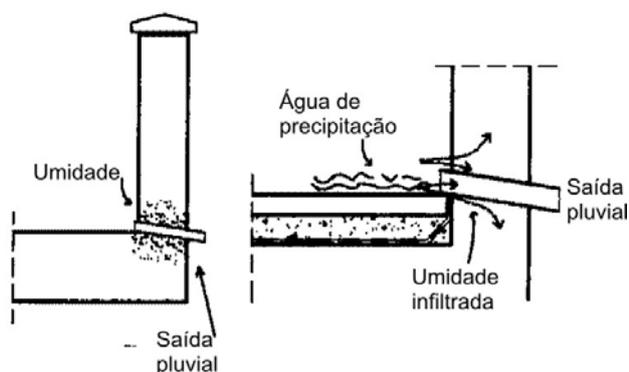


Figura 55 - Pontos passíveis de infiltração (ARGILÉS, 1999. p. 61, adaptado).

4.4.5.3.2 Diagnóstico mais provável da anomalia A3

Avaliando a figura 54, pode-se verificar que não há marcas de sujidades junto às cerâmicas e nem à superfície inferior da viga, o que demonstra que não houve retorno da água através da saída pluvial. Diante disso, a hipótese estabelecida foi a segunda, conforme demonstrado na figura 55. Pode-se determinar também, que a origem da anomalia deu-se por falha ou falta de projeto de impermeabilização, bem como por falha construtiva.

4.4.5.3.3 Propostas alternativas de reparos para a anomalia A3.

São necessárias duas intervenções reparativas. A primeira delas consiste em uma intervenção, a ser efetuada com o objetivo de sanar a infiltração provinda da falha de arremates na canalização da saída pluvial das sacadas. A segunda tem como objetivo realizar a recuperação estrutural da viga, inclusive o RAF que sofreu as conseqüências do processo patológico ocorrido.

4.4.5.3.4 Forma de correção adotada para a anomalia A3.

Realização de reparo em torno da saída pluvial entre o piso da sacada e a tubulação de saída, de modo a eliminar a penetração de água para o interior da parede e da viga. Realizar a recuperação estrutural da viga, a recomposição do RAF e pintura da região, utilizando-se a forma de correção adotada na anomalia A1 (p.69).

4.4.5.3.5 Formas de manutenção do reparo da anomalia A3.

Manter as saídas pluviais desobstruídas e efetuar e manter a pintura da fachada sempre em bom estado através de freqüentes lavações.

4.4.5.4 Descrição da anomalia A4

A figura 56 mostra a fissuração generalizada do RAF da fachada dos fundos do edifício, sendo que durante a avaliação percutida não foram encontrados sinais de destacamento do mesmo.



Figura 56 - Fissuras generalizadas em todo o reboco da fachada noroeste.

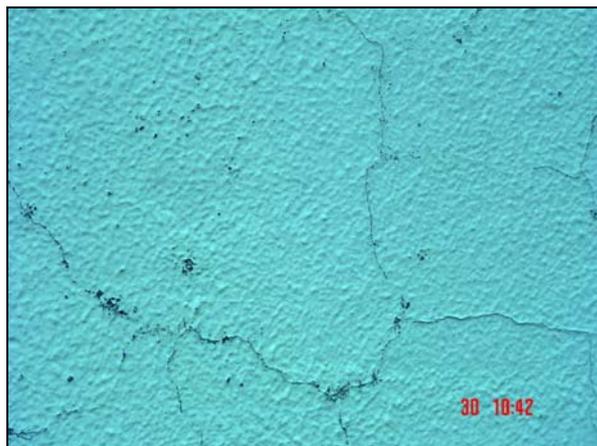


Figura 57 - Detalhe das fissuras em forma mapeada.

4.4.5.4.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia A4

Foram levantadas três hipóteses. A primeira delas é a fissuração ter sido causado pelo aumento de volume por umidificação (inchamento) e por retrações sucessivas da argamassa, decorrentes da perda de água de chuva retida nos poros e pelas variações bruscas de temperatura ocorridas sucessivamente, desenvolvendo a fadiga do material e provocando o fissuramento observado, conforme descrito no item 3.1.4.2 (THOMAZ, 1992).

A segunda hipótese se baseia na possibilidade da argamassa de revestimento ter sido mal dosada durante seu preparo, com quantidades altas de cimento e/ou água. Conforme evidenciado no gráfico 6, quanto maior a quantidade de água e de cimento, maior é o percentual de retração que a argamassa pode ter durante o processo de evaporação da umidade de construção (THOMAZ, 1992) e (ARGILÉS, 1999).

4.4.5.4.2 Diagnóstico mais provável da anomalia A4

A hipótese mais provável foi do fissuramento ter sido decorrente de esforços internos no reboco, provocados pelos sucessivos aumentos de volume por umidificação e diminuição devido à retração por perda de água de precipitação, bem como pelas variações brusca de temperaturas sucessivas, desenvolvendo a fadiga do material (THOMAZ, 1992).

Segundo Ribas (2000), esse tipo de fissuramento é evolutivo e está relacionada diretamente com a retração periódica dos materiais, provocada pelas variações de temperatura e umidade. Pode-se determinar que a origem da anomalia ocorreu pela falta de manutenção no revestimento e na pintura. Essa hipótese foi considerada como a mais provável, pois verificou-se, através de informações verbais obtidas dos moradores, que as fissuras começaram a ser percebidas a partir do quarto ano após a construção do edifício, aumentando com o passar do tempo. Caso as fissuras fossem decorrentes da retração da argamassa durante sua cura, provavelmente teriam surgido durante ou logo após a execução da obra.

4.4.5.4.3 Propostas alternativas de reparos para a anomalia A4

Devido ao avançado processo de fissuração do RAF, o caso possui duas alternativas de correção. A primeira delas é a substituição do RAF, desenvolvendo um projeto de reparo mais amplo que leve em consideração as possíveis deformações decorrentes dos mais variados esforços, tais como: retração da

alvenaria, junção de materiais com diferentes modos de deformação e determinação da dosagem da argamassa de revestimentos, com custo muito elevado.

A segunda opção, com custo bem menor, mas paliativa, é a execução da vedação das fissuras existentes e posteriormente a realização do acabamento através da pintura da fachada.

4.4.5.4.4 Forma de correção proposta para a anomalia A4

Praticamente a maioria dos autores pesquisados sugere a substituição do revestimento para este tipo de anomalia. A tabela 10 demonstra a forma de reparo sugerida:

Tabela 10 - Manifestações patológicas nos revestimentos: prováveis causas e reparos
(CINCOTTO, 1988. p. 549, adaptado)

Anomalia	Aspecto	Causa provável	Reparo
Fissuras mapeadas	- forma variada e em toda a superfície.	- retração da argamassa de base.	- renovação do revestimento e da pintura.

Por se tratar de um serviço de custos elevados, recomenda-se desenvolver um projeto de intervenção mais amplo, de modo a prever as possíveis tensões que os componentes da alvenaria e da estrutura provocarão no RAF durante sua cura e durante o decorrer de seu uso.

Esse processo consiste na remoção do revestimento da fachada manualmente, utilizando ferramentas adequadas como ponteiros, talhadeiras e pequenos rompedores caso seja necessário. Limpeza manual da superfície de modo a remover os resíduos da etapa anterior, utilizando-se escovas com cerdas de nylon. Execução do chapisco com aditivo para prover maior aderência à alvenaria. Execução da inclusão de tela metálica leve, como tela de estuque, inserida na interface da alvenaria com os elementos estruturais. Execução do RAF conforme a NBR 13749, comentado no item 2.3.7.1 e, finalmente, após a secagem da umidade da construção, efetuar a realização do revestimento superficial, no caso, a pintura, conforme descrição do fabricante utilizando, preferencialmente, cores com tonalidades claras.

4.4.5.4.5 Formas de manutenção do reparo – A4

Manter a pintura em bom estado, realizando a limpeza periódica da fachada através de lavações (ARGILÉS, 1999).

4.4.5.5 Descrição da anomalia A5

Na figura 58 observa-se a ocorrência de trinca na interface da alvenaria com o pilar existente no ático.

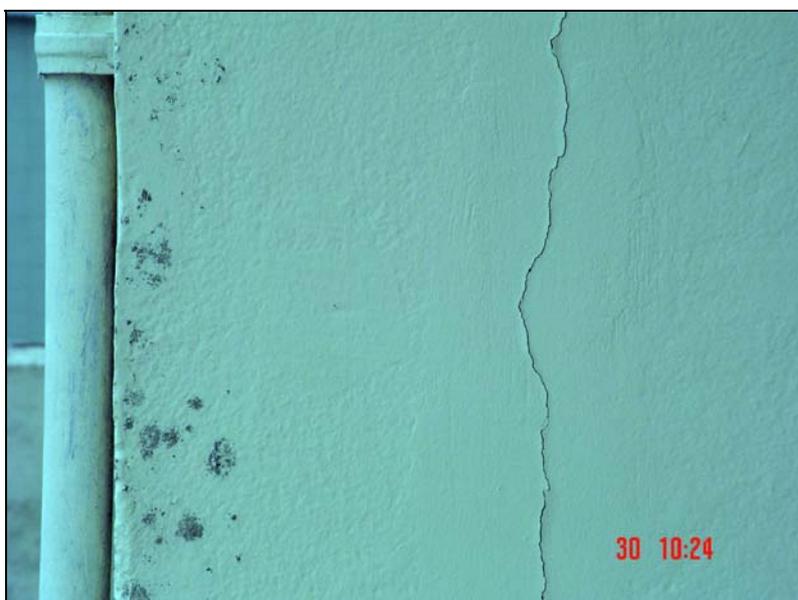


Figura 58 - Fissura na interface da alvenaria com pilar

4.4.5.5.1 Hipóteses de diagnóstico para a anomalia A5

Essa situação é típica de trincas provenientes da movimentação térmica decorrente da diferença de coeficientes de dilatação do concreto e da alvenaria (THOMAZ, 1992).

4.4.5.5.2 Diagnóstico mais provável da anomalia A5

A anomalia observada tem como diagnóstico mais provável a ocorrência do fissuramento vertical do RAF, decorrente dos esforços gerados pela dilatação e contração na interface entre a alvenaria de blocos cerâmicos e a estrutura de concreto armado do pilar. Pode-se, assim, determinar que a origem da anomalia é decorrente da falta ou uma falha de projeto de alvenaria, bem como de falha construtiva.

4.4.5.5.3 Propostas alternativas de reparo para a anomalia A5

Trata-se de uma fissura que estará sempre aumentando e diminuindo sua abertura, portanto, as alternativas de reparo devem considerar este fenômeno natural. Podem ser realizadas duas formas de reparo. A primeira é distribuir os esforços gerados pela dilatação e retração através de tela metálica leve inserida no RAF de reparo, como demonstrado na figura 59:

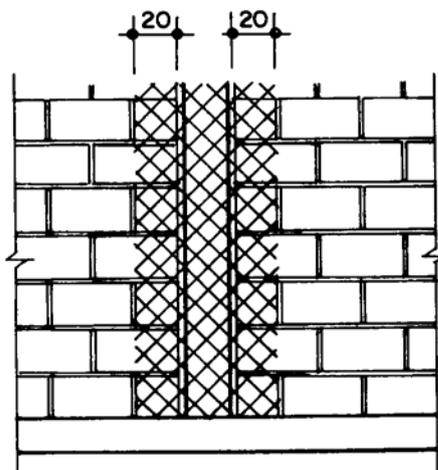


Figura 59 - Recuperação de destacamento entre pilar e alvenaria com a utilização de tela metálica leve (THOMAZ, 1992).

A segunda é permitir a movimentação dos materiais, acrescentando produto flexível na interface entre ambos, de maneira a criar uma barreira contra a penetração de água e permitindo a flexibilidade do sistema.

4.4.5.5.4 Forma de correção proposta para a anomalia A5

A forma de correção proposta foi a de menor custo, que é a vedação da fissura com material flexível, como mostra a figura 60. Bastando para isso, efetuar a abertura na região da trinca em forma de “V” com largura e profundidade em torno de 20 mm e 10 mm, respectivamente, limpa-la e aplicar o selante flexível, tendo o cuidado de obter um bom acabamento quando do seu nivelamento. Atualmente existem selantes flexíveis que permitem a ancoragem da tinta de acabamento.

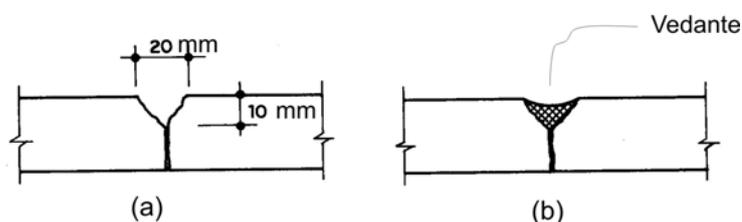


Figura 60 - Recuperação de fissura dinâmica com selante flexível; (a) dimensões ideais da cavidade; (b) preenchimento da cavidade com o vedante flexível (THOMAZ, 1992).

4.4.5.5.5 Formas de manutenção do reparo da anomalia A5

Verificar periodicamente se o selante está em bom estado. Caso a resposta seja negativa, efetuar sua substituição.

4.4.5.6 Descrição da anomalia A6

Pode-se observar através da figura 61, a decomposição do RAF e da pintura na platibanda da fachada nordeste:



Figura 61 - Decomposição pontual do RAF da platibanda da fachada nordeste



Figura 62 - Detalhe da decomposição do RAF

4.4.5.6.1 Hipóteses de diagnóstico para a anomalia A6

A primeira hipótese formulada foi de que a desagregação observada foi provocada pela formação de etringita e/ou taumasita no RAF, devido a grande quantidade de umidade presente na região e pelo mesmo ter cal e cimento em sua constituição. Como já mencionado no item 3.1.6.2.5, os aglomerantes hidráulicos utilizados conjuntamente em argamassas, como o cimento Portland e a cal hidratada, em contato com muita umidade, contêm os elementos necessários para a formação destes compostos químicos provocando o desagregação da argamassa. A segunda hipótese estabelece que a desagregação do RAF é provocada pela expansão de sais contidos nos elementos constituintes da alvenaria e transferidos ao RAF através da umidade provinda das calhas. A terceira hipótese coloca que o RAF desagregou, em decorrência da falta de aglomerante em sua constituição.

4.4.5.6.2 Diagnóstico mais provável da anomalia A6

Durante a avaliação do local, pode-se verificar que as únicas regiões que apresentavam a referida anomalia eram junto às platibandas que contornam as calhas do telhado do atico, conforme mostra a figura 61.

A hipótese de que o RAF possa ter pouco aglomerante em sua constituição a ponto de causar sua desagregação foi descartada sem necessitar de análises laboratoriais, uma vez que a anomalia ocorreu numa região específica e não de modo generalizado, desencadeando-se somente próxima às calhas onde havia grande concentração de umidade.

Avaliando melhor os elementos da edificação, pode-se verificar que o avançado estado de decomposição da impermeabilização da calhas, como pode-se verificar na figura 62, permitiu a infiltração de parte da água da chuva para o interior da platibanda, umedecendo-a, transferindo água para o RAF e, provavelmente, provocando o desenvolvimento de etringita e/ou taumasita, gerando tensões elevadas nos componentes internos do RAF e desencadeando o desagregamento observado (ARGILÉS, 1999), (NAPPI, 2002) e (POSSER, 2004). Diante do exposto,

pode-se determinar que a origem da anomalia ocorreu por falta de manutenção da calha.



Figura 63 - Desagregamento do RAF e da tinta da região da platibanda junto a calha.

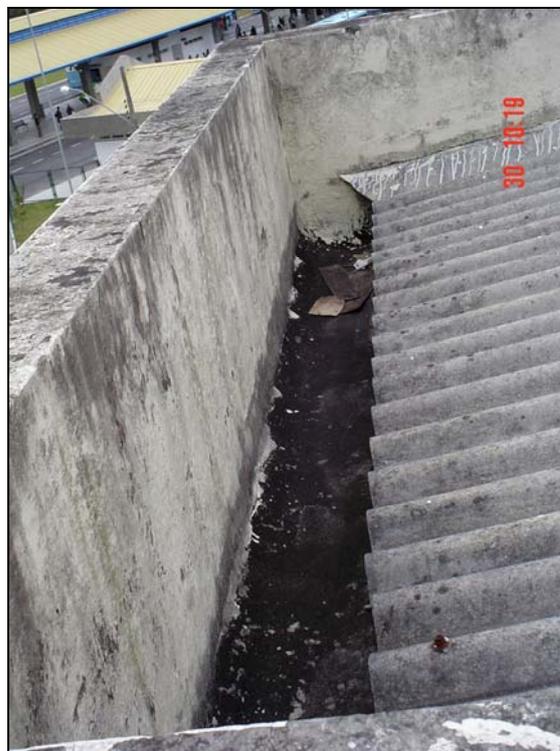


Figura 64 - Calha com impermeabilização em avançado estado de deterioração junto a platibanda com o RAF danificado.

4.4.5.6.3 Proposta alternativa de reparo para a anomalia A6

Após a avaliação da anomalia, pode-se dizer que a alternativa de reparo tem que ser realizada em duas etapas. A primeira é a impermeabilização da calha com o objetivo de acabar com o mecanismo gerador da umidificação na região afetada, e a segunda é a substituição do RAF danificado e a execução da pintura.

4.4.5.6.4 Forma de correção proposta para a anomalia A6

Realização da impermeabilização da calha da seguinte maneira: remover a impermeabilização danificada; limpar a superfície, realizar a verificação do correto caimento da superfície em direção a saída pluvial, verificar se as entradas pluviais

não estão totalmente ou parcialmente obstruídas; realizar a nova impermeabilização da calha com materiais específicos, tipo membrana asfáltica pré-moldada.

Substituição do RAF danificado, conforme correção proposta para a anomalia A4 (p.80)

4.4.5.6.5 Formas de manutenção do reparo - A6

Realizar periodicamente tanto a manutenção e a limpeza das calhas.

4.4.5.7 Descrição da anomalia A7

Pode-se observar na figura 65 a ocorrência de manchas e degradação do revestimento superficial do RAF em torno do reservatório superior:



Figura 65 - Manchas escuras provenientes de micro-organismos fixados à pintura

4.4.5.7.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia A7

Para tipo de anomalia estabeleceu-se uma única hipótese. As manchas em torno do reservatório superior são provenientes de sujidades do ar e da proliferação

de agentes biodeterioradores, decorrentes da inexistência de caimentos definidos da laje que cobre o reservatório superior.

4.4.5.7.2 Diagnóstico mais provável da anomalia A7

Conforme mencionado no capítulo 3.1.5, a umidade é o principal componente participativo no desenvolvimento dos agentes biodeterioradores. As partículas orgânicas presentes no ar atmosférico e nas sujidades retidas na camada superficial dos revestimentos auxiliam neste processo. A inexistência de caimentos na laje de cobertura do reservatório superior, fez com que a água da chuva fosse levada a várias regiões do perímetro, levando consigo sujidades que foram escorrendo e depositando-se nas paredes, conforme mostra a figura 66. Assim, pode-se determinar que a origem da anomalia é decorrente de falha construtiva.

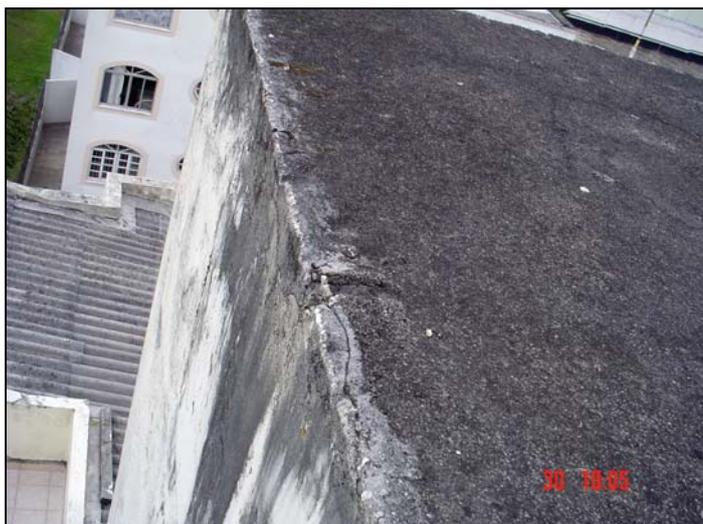


Figura 66 - Inexistência de escoamento definido e marcas de microorganismos na parede externa do reservatório superior

4.4.5.7.3 Alternativas de correção para a anomalia A7

Pode-se dizer que há somente uma única alternativa de correção, porém envolvendo vários serviços. A começar pela execução de uma mureta em torno do perímetro da laje; definição do escoamento da água da chuva através de regularização da área de intervenção; impermeabilizar a laje de cobertura do reservatório; colocar protetores com pingadeiras sobre a superfície superior das muretas perimetrais; e pintar a superfície do RAF em torno do reservatório.

4.4.5.7.4 Forma de correção proposta para a anomalia A7

Desenvolver projeto de impermeabilização de modo a definir a altura da mureta perimetral, permitindo o arremate da membrana de impermeabilização, a definição da direção dos caimentos da laje e os locais para colocação das saídas pluviais. Colocação de placas de concreto com pingadeiras em sua extremidade inferior sobre o topo das muretas e efetuar a pintura da superfície do RAF em torno do reservatório conforme proposta de correção da anomalia A2 (p.74) .

4.4.5.7.5 Formas de prevenção para a anomalia A7

Destacam-se quatro medidas: manter em bom estado a impermeabilização da laje do reservatório superior; manter as saídas pluviais sempre desobstruídas; realizar freqüentes verificações do estado da impermeabilização interna do reservatório superior; e manter a limpeza do revestimento superficial do RAF.

4.5 CASO B - EDIFÍCIO ESTREITO

O segundo estudo de caso analisa um edifício residencial próximo ao mar, situado no bairro estreito, em Florianópolis, denominado como edifício Estreito, conforme mostra a figura 67.



Figura 67 - Foto da fachada sudoeste do edifício Estreito

4.5.1 Localização e entorno imediato

O edifício está situado na Rua General Eurico Gaspar Dutra, no bairro Estreito, conforme demonstra a figura 68, na parte continental da cidade de Florianópolis, próximo à cabeceira da Ponte Hercílio Luz.



Figura 68 - Mapa de localização – IPUF

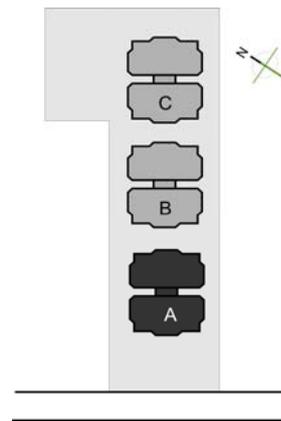


Figura 69 - Localização do bloco A no lote.

O edifício é parte integrante de um conjunto residencial composto por três blocos idênticos, sendo o bloco escolhido denominado como bloco A, como mostra a figura 69.

Implantado em um terreno localizado abaixo do nível da rua, o bloco A é o mais próximo da rua, com diferença de nível de aproximadamente 1,70 m em relação a rua, como observa-se na figura 70.



Figura 70 - Registro da diferença de nível do terreno à rua.



Figura 71 - Vegetação vizinha muito próxima a fachada Oeste.

A sudeste do bloco A, existe uma residência com um muro de altura aproximada de 8,00 m a partir no nível do piso da garagem. À noroeste, existe um terreno praticamente coberto por árvores, de médio e de grande porte, situadas muito próximas à fachada, como ilustra a figura 71.

4.5.2 Descrição do edifício

O edifício foi concluído em 1993, por construtora não identificada, com infra e supra estrutura constituídas de concreto armado, com paredes de vedação em alvenaria com blocos cerâmicos de seis furos, revestidos com argamassa composta por cimento, cal e areia fina, resultando paredes externas com 16,00 cm de espessura, em média.

Sua primeira pintura foi realizada sobre o reboco selado, revestido com textura acrílica e tinta acrílica em duas tonalidades, sendo a clara na cor branca, abrangendo as superfícies maiores, e a escura azul, abrangendo as sacadas, pergolados e reservatório superior.

Em 1999 ocorreu a primeira manutenção nas fachadas, sendo realizada a repintura externa com tinta acrílica, quando foram realizados reparos nas fissuras mais acentuadas. Todavia, foram deixadas marcas muito aparentes na superfície, como se pode verificar na figura 72:



Figura 72 - Marcas das intervenções realizadas sobre as fissuras



Figura 73 - Detalhe da marca da impermeabilização das fissuras realizada em 1999.

4.5.3 Documentação

O projeto de arquitetura foi obtido junto ao síndico, aprovado pela prefeitura de Florianópolis, sendo fornecidas as plantas baixas, os cortes e as fachadas. Os demais projetos complementares, bem como o memorial descritivo, não foram localizados.

4.5.4 Características do projeto

4.5.4.1 Planta baixa

Como se pode verificar no anexo B1, a planta do pavimento tipo é composta por 04 apartamentos de 03 dormitórios, tendo o edifício um total de 17 apartamentos, incluindo a cobertura. As orientações dos dormitórios variam de acordo com o posicionamento de cada apartamento na planta. Os dormitórios dos apartamentos com final 01 recebem luz solar durante manhã e tarde. Os de final 02 são prejudicados, pois recebem luz solar somente no início da manhã. Os de final 04 recebem luz solar somente no fim da tarde, já os de final 03 recebem luz solar durante toda a tarde.

O edifício possui seis pavimentos, sendo o térreo composto por garagem e hall de entrada, quatro pavimentos tipo e um de cobertura. O telhado é composto por estrutura de madeira e telhas de fibrocimento com platibandas em seu contorno, como se pode verificar no anexo B3. O edifício possui 2.755,00 m² de área construída, sobre um lote de 3.346,00 m², com afastamento de 9,00 m e laterais de 3,34 m ao sul e 3,00 m ao norte.

4.5.4.2 Descrição das fachadas

As fachadas, conforme anexos B4, B5, B6 e B7, são constituídas de paredes planas. Possuem revestimento de argamassa, tendo como revestimento superficial textura pintada com tinta acrílica com cor de tonalidade clara. O edifício possui

pequenos volumes nas fachadas leste e oeste proveniente dos balaços das sacadas, conforme demonstra a figura 74:



Figura 74 - Registro dos volumes provocados pelas sacadas em balanço na fachada Leste.

Nas fachadas sul e norte, além das sacadas formando volumes, existe uma grande reentrância, que dependendo do ângulo de visão externo, dá a impressão de serem dois blocos distintos, conforme aponta a figura 75. Entre esses dois volumes esta localizada a torre da escadaria do edifício e o reservatório superior, conforme pode ser observado na figura 76.



Figura 75 - Ângulo da fachada sul que dá a impressão de ser dois blocos distintos.



Figura 76 - Torre da escadaria e do reservatório superior

As superfícies das fachadas com RAF são de 1.980,00 m², com pintura acrílica em duas tonalidades. As faces externas das sacadas receberam revestimento de textura diferenciado das demais paredes durante a primeira manutenção, abrangendo uma superfície de 396,00 m², sendo 120,00 m² na fachada sul, 144,00 m² na norte, 72,00 m² na leste e 60,00 m² na oeste. A torre da escadaria foi pintada com cor de tonalidade escura, iniciando no térreo e finalizando na platibanda do reservatório superior, com área de superfície de 282,00 m².

4.5.4.3 Influência das condições climáticas nas fachadas

A fachada noroeste recebe bastante luz solar e é bem arejada, porém encontra-se com muitas sujidades provenientes dos resíduos expelidos no ar pelos veículos que circulam na via próxima. A fachada sudoeste também é bem arejada, porém, recebe luz solar somente no final da tarde. A fachada sudoeste é a mais prejudicada, pois recebe luz solar somente num pequeno período da manhã. Já a fachada nordeste é a mais arejada de todas e recebe sol praticamente o dia todo.

Os ventos predominantes na região são o nordeste e o sul. O vento sul é protegido pelo aclave existente na topografia da região e atinge moderadamente as

fachadas sudoeste e sudeste. O vento nordeste é o mais freqüente e atinge diretamente a fachada. As fachadas nordeste e sudoeste são prejudicadas pelas barreiras formadas pelas vegetações próximas.

4.5.5 Registro e descrição das manifestações patológicas

Os registros das manifestações patológicas foram realizados através de fotos produzidas durante a vistoria do edifício. A posteriori, o material foi organizado de acordo com o método adotado conforme descrito na Introdução.

4.5.4.1 Descrição da anomalia B1

Nas figuras 77 e 78 é possível observar o estado em que se encontram as fachadas sudoeste e sudeste, respectivamente. Na fachada sudoeste verifica-se a existência de manchas escuras, que se concentram em torno da platibanda e na superfície, evidenciando os trechos compostos pela alvenaria de blocos cerâmicos e pela estrutura em concreto armado. Na fachada sudeste pode-se verificar que os trechos manchados com maior intensidade, estão situados fora da proteção das sacadas.



Figura 77 - Aspecto da fachada sudoeste totalmente manchada



Figura 78 - Aspecto da fachada sudeste com as sacadas e paredes manchadas por sujidades e por microrganismos. É possível observar que as paredes protegidas pelas sacadas se encontram com menor intensidade de manchas.

4.5.4.1.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia B1

Avaliando a anomalia B1, verificou-se tratar de desenvolvimento de micro-organismos, provavelmente fungos, algas ou líquens, que se estabeleceram sobre o revestimento superficial do RAF. A primeira hipótese estabelece que as manchas situadas em torno das platibandas das fachadas são provenientes da proliferação de micro-organismos decorrente do acúmulo de sujidades na superfície superior da platibanda. Lançados nas fachadas com as chuvas, criam um ambiente propício para o desenvolvimento de agentes biodeterioradores (ARGILÉS, 1999).

A segunda hipótese estabelece que as manchas observadas na fachada sudoeste sejam provenientes do desenvolvimento de fungos nos trechos que se mantêm úmidos por mais tempo. A região onde se encontra a alvenaria absorve mais umidade do que a região de concreto, pois os blocos cerâmicos são mais porosos, assim, a região que contem mais água, a alvenaria, leva mais tempo para secar, permitindo o desenvolvimento mais acentuado de microorganismos do que a região de concreto que possui menos água contida (SATO, 2002).

4.5.4.1.2 Diagnóstico mais provável da anomalia B1

Ao avaliar as hipóteses formuladas verificou-se que elas se complementam, assim, chegou-se ao seguinte diagnóstico: a anomalia B1 tem como causa mais provável a proliferação de agentes biodeterioradores, fungos, algas, ou líquens entre outros, provenientes da falta de manutenção preventiva (lavações e repintura) das superfícies e da inexistência de protetores e pingadeiras sobre o topo das platibandas. Pôde-se determinar que houveram duas origens da anomalia. A primeira deu-se por falha de projeto decorrente da não descrição das proteções sobre as platibandas e a segunda pela falta de manutenção das fachadas.

Também podemos salientar que a pouca incidência solar nessas fachadas auxiliou consideravelmente o desenvolvimento dos agentes biodeterioradores observados.

4.5.4.1.3 Propostas alternativas de reparo para a anomalia B1

Há a necessidade de se efetuar duas intervenções com objetivo de amenizar a ação dos agentes biodeterioradores causadores da anomalia, que são: colocar proteção com pingadeiras sobre o topo das platibandas e, devido ao comprometimento da pintura, realizar uma repintura do edifício.

4.5.4.1.4 Forma de correção proposta para a anomalia B1

Realizar a manutenção dos rufos e das calhas existentes junto as platibandas, substituindo-as caso seja necessário e instalar protetor sobre o topo da platibanda com pingadeiras nas extremidades inferiores e, em seguida, realizar a limpeza e pintura das fachadas conforme correção proposta para a anomalia A2 item 4.4.5.2.4 (p. 73).

4.5.4.1.5 Forma de prevenção de manutenção da anomalia B1

Realizar lavações periódicas nas fachadas e manter os rejuntas flexíveis das pingadeiras sempre em bom estado conforme o processo de manutenção do reparo da anomalia A2 item 4.4.5.2.5 (p.74).

4.5.5.2 Descrição da Anomalia B2

A anomalia B2 foi caracterizada por dois aspectos claramente observados, como mostra a figura 79: apresentação de destacamento do RAF (a região afetada gerou som cavo quando percutida); e verificação da existência de fissura vertical na região do destacamento;



Figura 79 - Fissura vertical junto ao pilar situado na fachada Oeste.

4.5.5.2.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia B2

Através da verificação visual e percutida estabeleceu-se uma única hipótese. A camada de RAF destacou-se do substrato tendo como causa a corrosão da armadura do pilar, provocada pela penetração de umidade de precipitação, juntamente com a possibilidade da camada de cobertura da armadura ser de espessura insuficiente para prover sua proteção (THOMAZ, 1992).

4.5.5.2.2 Diagnóstico mais provável de anomalia B2

A hipótese mais provável é que a *causa* da anomalia foi a presença de umidade no RAF e no concreto, associada a pouca espessura da camada de

cobrimento, gerando o desencadeamento do processo de corrosão da armadura. Pode-se determinar que a origem da anomalia é decorrente de falha construtiva.

4.5.5.2.3 Propostas alternativas de reparos para a anomalia B2

Conforme exposto no item 3.1.4.10.1, sobre o processo da corrosão de armadura, esse fenômeno só pode ocorrer com a combinação de três elementos: a água, o oxigênio e a diferença de potencial na armadura. Desse modo, a primeira medida a ser tomada é tentar diminuir a incidência de umidade, a segunda, tratar os efeitos decorrentes da causa, ou seja, tratar as armaduras corroídas e recompor o RAF.

4.5.5.2.4 Forma de correção proposta para a anomalia B2

Realização do tratamento da armadura e a recomposição do RAF conforme correção proposta para a anomalia A1, item 4.4.5.1.4 (p.69).

4.5.5.2.5 Formas de manutenção do reparo da anomalia B2

Manter a pintura limpa e sempre em bom estado, realizando lavações periódicas conforme os processos de manutenção da anomalia A1, item 4.4.5.1.5 (p.71).

4.5.5.3 Descrição da anomalia B3

Na figura 80, pode-se observar a fissuração da parede e do RAF da escadaria direcionada a noroeste. A figura 81 mostra a fissura ampliada.



Figura 80 - Fissuras existentes junto a parede da escadaria situada junto à fachada noroeste. Figura 81 – Detalhe da fissura.

4.5.5.3.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia B3

Foi estabelecida uma única hipótese de que as fissuras surgiram em decorrência da retração da alvenaria devido à variação de temperatura, agravada pela grande superfície exposta aos raios solares pintadas com tonalidade escura com pouca refletância solar, favorecendo o aquecimento da superfície pela absorção da radiação de alta frequência, como observado no item 3.1.4.1.

4.5.5.3.2 Diagnóstico mais provável da anomalia B3

O diagnóstico mais provável é o de que as fissuras surgiram em decorrência da retração da alvenaria devido à variação de temperatura. A cor Mel, utilizada da pintura da parede observada, possui 51% de refletância, portanto, favorecendo o aquecimento da superfície. É importante ressaltar que o paredão situado na fachada oposta (sudeste), possui as mesmas dimensões, cores e elementos constituintes, porém, não possui fissuras em tal proporção. Atribui-se ao fato dessa fachada receber pouco sol, não sofrendo os esforços decorrentes das movimentações térmicas internas provocadas pelo aquecimento da superfície pelos raios solares, logo, não ocorrendo fissuras como no paredão situado na fachada nordeste.

Pode-se considerar que a origem mais provável da anomalia foi decorrente da falha durante o uso, decorrente da utilização de cor com tonalidade escura quando da realização da repintura.

4.5.5.3.3 Alternativas de reparo para a anomalia B3

As alternativas de correção são a vedação das fissuras existentes e a mudança na cor do revestimento superficial.

4.5.5.3.4 Forma de correção proposta para a anomalia B3

Segundo Argilés(1999) e Thomaz (1992), diante de fissuras provenientes de movimentações térmicas existem duas soluções: ou se enrijece o sistema impedindo a trabalhabilidade das fissuras, ou se desenvolve um sistema flexível, permitindo a sua livre movimentação.

Segundo Thomaz (1992), as fissuras de retração por movimentação térmica podem ser tratadas da seguinte maneira: Abre-se a fissura em forma de “v” com ferramenta específica, limpa-se o interior da fissura removendo os resíduos da escarificação e injeta-se na abertura um selante flexível, conforme mostrado na figura 60.

4.4.4.3.5 Forma de manutenção do reparo da anomalia B3

Verificar periodicamente se os selantes aplicados sobre as fissuras encontram-se em bom estado. Caso a resposta seja negativa, efetuar sua substituição. Realizar a repintura da superfície utilizando cores com tonalidades claras.

4.5.5.4 Descrição da Anomalia B4

A figura 82 mostra a fissuração mapeada do RAF em torno do compartimento onde está situado o barrilete do reservatório superior:



Figura 82 - Fissuramento do RAF nas paredes em torno do reservatório superior

4.5.5.4.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia B4

Podem-se verificar três hipóteses. A fissuração observada pode ter sido causado pelo aumento de volume por umidificação (inchamento) e por retrações sucessivas do RAF devido à absorção e à perda de água da chuva retida nos poros, e ou pelas variações bruscas de temperatura, desenvolvendo a fadiga do material e provocando o fissuramento observado (THOMAZ, 1992) e (RIBAS, 2002).

A segunda hipótese é baseada na possibilidade da argamassa de revestimento ter sido mal dosada durante seu preparo, com quantidades altas de cimento e/ou água. Conforme exposto no gráfico 3, quanto maior a quantidade de água e ou de cimento, maior é o percentual de retração que a argamassa pode ter durante o processo de evaporação da umidade residual de construção, provocando fissuras com aspectos semelhantes aos observados nessa anomalia (ARGILÉS, 1999).

4.5.5.4.2 Diagnóstico mais provável da anomalia B4

A hipótese mais provável, é que a fissuração surgiu em decorrência de esforços internos no reboco, causados pelo aumento de volume por umidificação (inchamento) e por retrações sucessivas do RAF devido à absorção e à perda de água de chuva retida nos poros; e ou pelas variações bruscas de temperatura, desenvolvendo a fadiga do material e provocando o fissuramento observado (THOMAZ, 1992) e (RIBAS, 2002). Segundo Ribas (2000), este tipo de fissuramento é evolutivo e está relacionado diretamente com a retração periódica dos materiais provocada pelas variações de temperatura e umidade. Pode-se determinar que a origem da anomalia ocorreu pela falta de manutenção.

4.5.5.4.3 Propostas alternativas de reparos para a anomalia B4

A primeira alternativa é a substituição do RAF, desenvolvendo um projeto levando em consideração as possíveis deformações decorrentes dos mais variados esforços, tais como: retração da alvenaria, junção de materiais com diferentes índices de deformação e determinação da dosagem da argamassa de revestimentos. Porém, o custo de tal procedimento é muito elevado.

A segunda possibilidade, com custo bem menor, mas paliativa, é a execução da vedação das fissuras existentes e, a seguir, a realização do acabamento através da pintura da fachada.

4.5.5.4.4 Forma de correção proposta para a anomalia B4

Deve-se realizar a substituição do revestimento da superfície afetada e a execução da pintura, conforme a forma de correção adotada utilizada na anomalia A4, item 4.4.5.4.4 (p.79).

4.5.5.4.5 Formas de manutenção do reparo da anomalia B4

Manter a pintura com tonalidade clara e realizar a lavagem da fachada periodicamente.

4.5.5.5 Descrição da anomalia B5

A figura 83 mostra uma fissura horizontal na interface da platibanda com a laje da cobertura:

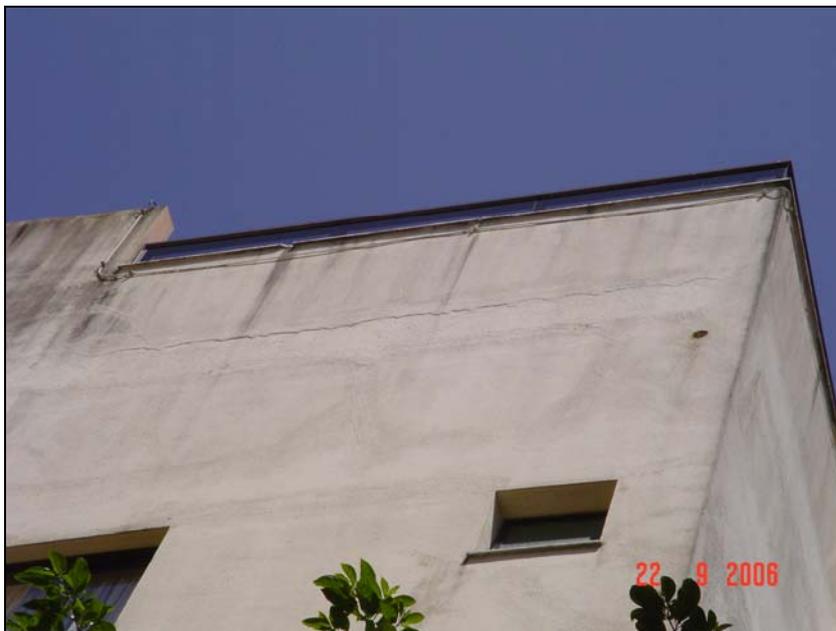


Figura 83 - Fissura horizontal na interface da platibanda com a laje de cobertura

4.5.5.5.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia B5

Verificou-se somente uma hipótese: a fissura pode ter sido decorrente de esforços provocados pelo aumento do comprimento da laje, decorrente da dilatação térmica, em função do seu aquecimento por radiação solar, desenvolvendo pressão contra a platibanda e deslocando-a para fora. Com a diminuição de sua temperatura, a laje retornou para sua dimensão inicial, porém, a platibanda foi mantida na mesma posição, desenvolvendo assim tensões de cisalhamento na interface dos mesmos, fator gerador do destacamento da laje com a platibanda e também da fissura observada (THOMAZ, 1992).

4.5.5.5.2 Diagnóstico mais provável da anomalia B5

A anomalia observada ocorreu devido aos esforços provocados pelo aumento da dimensão da laje quando de seu aquecimento pela radiação solar, desenvolvendo pressão contra a platibanda e deslocando-a para fora. Com a redução de sua temperatura, a laje retornou para seu tamanho inicial, porém mantendo a platibanda na mesma posição. Dessa forma, desenvolveram-se tensões de cisalhamento entre a interface dos mesmos, provocando o destacamento da laje com a platibanda, bem como a fissura observada. Pode-se determinar que a origem da anomalia foi decorrente da falha ou falta de projeto, bem como por falha de execução.

4.5.5.5.3 Propostas alternativas de reparos para a anomalia B5

Pode-se verificar que a fissura ocorreu no trecho da platibanda onde o esforço foi mais acentuado, ou seja, perpendicular ao maior vão da laje. A alternativa de reparo é a criação de junta de movimentação na abertura da fissura, permitindo a movimentação da laje quando aquecida, pois qualquer tentativa de impedir sua movimentação, provavelmente não terá sucesso.

Algumas formas de minimizar a dilatação da laje são a utilização de piso com tonalidades claras e a execução de uma cobertura que impeça o alcance dos raios solares na laje, minimizando assim o seu aquecimento.

4.5.5.5.4 Forma de correção proposta para a anomalia B5

Segundo Argilés (1999) e Thomas (1992) o tratamento da fissura deve seguir os seguintes passos: remoção manual do revestimento em torno da fissura até encontrar a interface do concreto com a alvenaria, utilizando ferramentas adequadas como ponteiros, talhadeiras e pequenos rompedores caso seja necessário. Limpeza manual da superfície de modo a remover os resíduos da etapa anterior, utilizando, portanto, escovas com cerdas de nylon. Execução do chapisco com aditivo (adesivo acrílico), para prover maior aderência à alvenaria e ao concreto.

Execução do novo RAF com a inclusão de tela metálica leve, como tela de estuque, inserida no novo revestimento sobre a interface da alvenaria com os elementos estruturais, conforme mostra a figura 84:

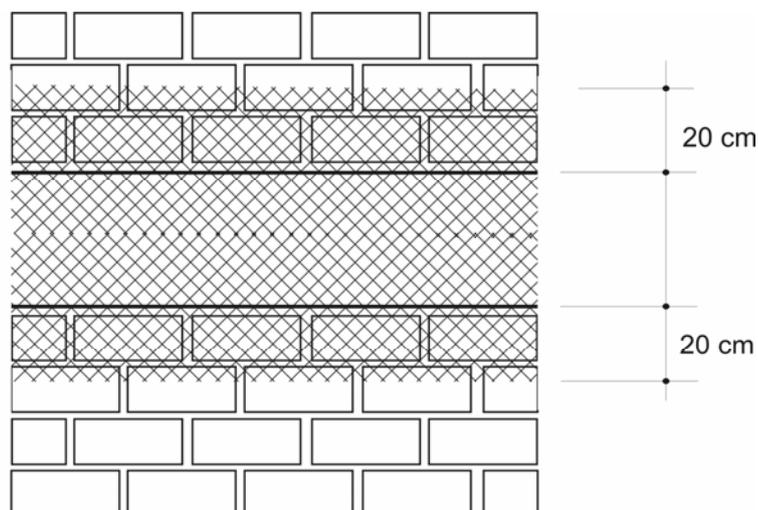


Figura 84 - Inclusão de tela de estuque sobre a interface da alvenaria com a estrutura (THOMAS, 1992, adaptado)

Após a secagem da unidade de construção, efetuar a execução do revestimento superficial, no caso, a pintura, conforme descrições do fabricante e utilizar preferencialmente cores com tonalidades claras.

4.5.5.5.5 Formas de prevenção para a anomalia B5

Realizar a limpeza da fachada no mínimo a cada três anos, aplicando sobre as superfícies solução a base de hipoclorito de sódio diluído em água limpa e realizar a limpeza mecanicamente, através de hidro-jateamento, ou manualmente, utilizando escova com cerdas de nylon (ARGILÉS, 1999).

4.6 CASO C – EDIFÍCIO INGLESES

O terceiro estudo de caso analisa um edifício residencial existente num lote próximo ao mar, no bairro Ingleses, em Florianópolis. Sendo denominado de edifício Ingleses, conforme mostra a figura 85.



Figura 85 - Foto da fachada frontal (entrada) do edifício Ingleses

4.6.1 Localização e entorno imediato

O edifício está situado na Rua Dante de Patta, no bairro Ingleses, na região norte de Florianópolis, próximo ao mar, conforme demonstra a figura 86.



Figura 86 - Mapa de localização – IPUF (adaptado)

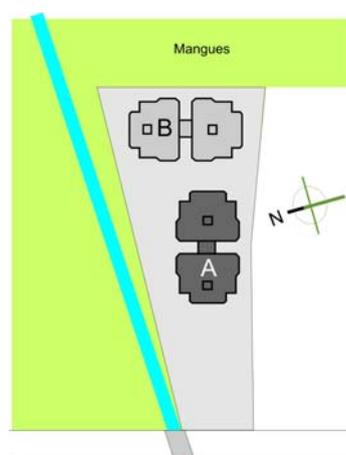


Figura 87 - Localização do mangue do Rio dos Ingleses e do bloco A no terreno.

O edifício é parte integrante de um conjunto residencial composto por dois blocos idênticos, sendo que o bloco escolhido foi o bloco A.

Na extremidade norte do lote está localizado o rio dos Ingleses e uma região de mangues que tem continuidade também ao norte do terreno, como mostra a figura 87.

O bloco A, objeto desse estudo, está implantado mais próximo a rua e com a fachada principal voltada para o norte, sentido praia.

4.6.2 Descrição do edifício

O edifício foi concluído em 1996, por construtora não identificada, com infra e supra estrutura constituídas de concreto armado, com paredes de vedação em alvenaria com blocos cerâmicos de seis furos, revestidos com argamassa composta por cimento, cal e areia fina, resultando em paredes externas com 16,00 cm de espessura, em média.

Sua primeira pintura foi realizada sobre o reboco selado, revestido com textura acrílica e tinta acrílica com tonalidade clara, sendo as sacadas e algumas superfícies das fachadas com revestimento cerâmico de cor bordô. Em 2001 foi realizada a primeira manutenção nas fachadas, sendo executada a repintura externa, com tinta acrílica, juntamente com a impermeabilização das fissuras.

4.6.3 Documentação

O projeto de arquitetura foi obtido na prefeitura de Florianópolis, sendo fornecidas as plantas baixas, cortes e fachadas. Os demais projetos complementares, bem como o memorial descritivo, não foram localizados.

4.6.4 Características do projeto

4.6.4.1 Planta baixa

Como se pode verificar no anexo C1, a planta do pavimento tipo é composta por 04 apartamentos de 03 dormitórios, tendo o edifício um total de 10 apartamentos, incluindo as coberturas.

As orientações dos dormitórios variam de acordo com o posicionamento de cada apartamento na planta. Os dormitórios dos apartamentos com números de final 01 recebem luz solar durante toda a manhã e um pouco no início da tarde; os com final 02 recebem luz solar somente no final da tarde; os de final 04 recebem luz solar durante toda a manhã e um pouco no início da tarde; já os de final 03 recebem luz solar durante toda a tarde.

O edifício possui quatro pavimentos sendo o térreo composto por garagem e hall de entrada, dois pavimentos tipo e um de cobertura com dois apartamentos. O telhado é composto por estrutura de madeira e telhas de fibrocimento com platibandas em seu contorno como pode ser verificado no anexo C3.

A amostra possui 1.397,00 m² de área construída, sobre um lote de 1959,00 m², com afastamento de 19,80 m e laterais de 8,00 m ao leste e 1,50 m a oeste.

4.6.4.2 Descrição das fachadas

As fachadas, conforme os anexos C4, C5, C6 e C7, são constituídas de paredes planas com revestimento de argamassa, tendo como revestimento superficial textura pintada com tinta acrílica com cor de tonalidade clara. Possui também, revestimento cerâmico nas superfícies externas das sacadas e nas faixas horizontais intercaladas entre cada pavimento nas fachadas leste e oeste, conforme mostram as figuras sob o número 88.



(a)



(b)

Figura 88 - Vista das fachadas oeste (a) e leste (b): utilização de revestimento cerâmico em faixas horizontais intercaladas entre os pavimentos

Nas fachadas norte e sul existe uma reentrância onde ficam localizadas as janelas das áreas de serviço e das cozinhas dos apartamentos. Entre esses dois volumes está localizada a torre da escadaria do edifício e o reservatório superior, como exposto na figura 89:

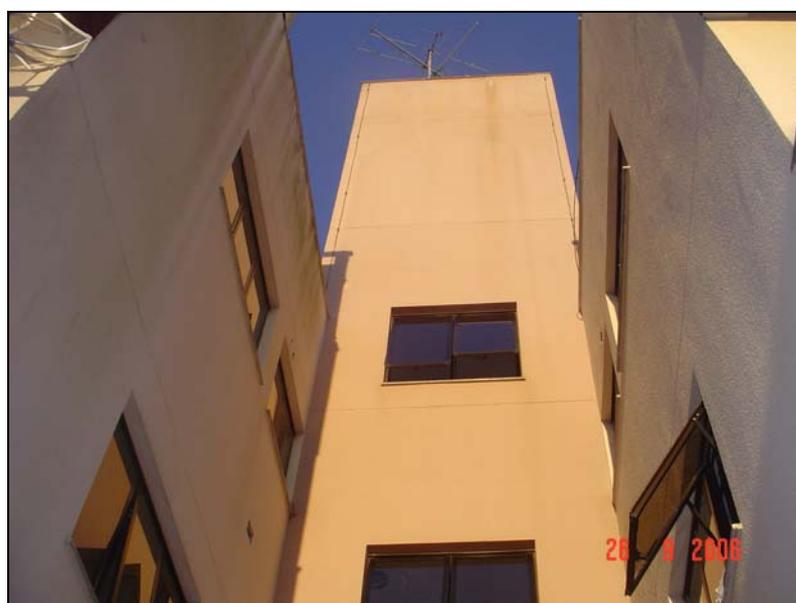


Figura 89 - Reentrância da fachada sul, onde estão localizadas as janelas das áreas de serviços bem como a torre da escadaria e do reservatório superior.

As superfícies das fachadas com RAF possuem 1.193,00 m². As faces externas das sacadas receberam revestimento cerâmico, abrangendo uma

superfície de 202,00 m², sendo 48,00 m² na fachada norte, 48,00 m² na sul, 53,00 m² na fachada leste e 53,00 m² na oeste. A torre da escadaria foi pintada com cor de tonalidade escura, iniciando no térreo e finalizando na platibanda do reservatório superior com área de superfície de 135,00 m². As demais superfícies foram pintadas com cores de tonalidade clara.

4.6.4.3 Influência das condições climáticas nas fachadas

O vento sul é o mais intenso e atinge diretamente a fachada sul, pois não há qualquer barreira próxima, tais como morros, vegetações altas ou edifícios vizinhos, por exemplo. O vento nordeste é o mais freqüente e atinge também as fachadas leste e oeste.

A fachada leste recebe luz solar durante toda a manhã. A fachada sul recebe luz solar somente num pequeno período do final da tarde no verão. A fachada norte recebe raios solares praticamente durante todo o dia. A fachada oeste recebe luz solar durante toda a tarde.

4.6.5 Registro e descrição das manifestações patológicas

Os registros das manifestações patológicas foram realizados através de fotos produzidas durante a vistoria do edifício. A posteriori, o material foi organizado de acordo com o método de Lichtenstein (1986), conforme descrito na Introdução.

4.6.5.1 Descrição da anomalia C1

Fissura com inclinação próxima a 45° nos canto inferiores da janela situada na fachada norte, conforme demonstra a figura 90. Essa anomalia é encontrada praticamente em todas as janelas do bloco A.



Figura 90 - Fissura com inclinação próxima de 45° no cantos inferior da janela

4.6.5.1.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia C1

Para a análise dessa anomalia estabeleceu-se uma única hipótese: a de que as fissuras surgiram em decorrência da retração da alvenaria devido às concentrações de tensões nos vértices da abertura, geradas pela variação de temperatura, em função da ação de forças isostáticas que chegam a duplicar nos cantos inferiores das janelas, conforme demonstrado na figura 5, pág. 30 (UTKUT,1976).

4.6.5.1.2 Diagnóstico mais provável da anomalia C1

O diagnóstico mais provável é que as fissuras surgiram em decorrência da inexistência ou da ineficiência de contra-vergas capazes de absorver as tensões nos vértices em função da ação de forças isostáticas concentradas nos cantos inferiores da janela, gerando o fissuramento do RAF. Pode-se determinar que a origem da anomalia deu-se por falta ou falha de projeto específico que deveria ter previsto a contra-verga, bem como por falha construtiva, por ter dado continuidade a obra sem a execução desse elemento construtivo.

4.6.5.1.3 Propostas alternativas de reparo para a anomalia C1

A primeira alternativa é a execução ou a substituição da contra-verga, porém trata-se de um serviço muito oneroso em relação ao benefício, visto que essas fissuras não oferecem qualquer risco grave ao edifício, nem colocam em risco a estabilidade da estrutura. O maior dano que esse tipo de fissura promove é a possibilidade da entrada de água de precipitação para o interior da parede, gerando bolhas de vapor de água ou umedecendo a face posterior da parede pelo lado interno da edificação.

A segunda alternativa, é a realização da impermeabilização da fissura externamente, impedindo a penetração de água de precipitação para o interior da parede.

4.6.5.1.4 Forma de correção proposta para a anomalia C1

Segundo Lichtenstein(1986) cabe procurar a correção de melhor custo-benefício, assim a forma de correção proposta é a impermeabilização das fissuras. No caso, optou-se por impermeabilizar a fissura.

Segundo Thomaz (1992), pode-se tratar as fissuras através da metodologia seguinte: abre-se a fissura em forma de “v” com ferramenta específica; limpa-se o interior da fissura removendo os resíduos da escarificação e injeta-se na abertura um selante flexível, conforme mostrado na figura 60.

4.6.5.1.5 Forma de manutenção do reparo para a anomalia C1

Verificar periodicamente o estado da impermeabilização realizada, caso se verifique que o selante não esteja em bom estado, deve-se substituí-lo.

4.6.5.2 Descrição da anomalia C2

A figura 91 ilustra a ocorrência de destacamento pontual do RAF situado na região inferior da viga da sacada situada junto a fachada oeste. Pode-se verificar,

também, que a anomalia está localizada próxima a uma região de destacamento do revestimento superficial na face inferior da laje da referida sacada.



Figura 91 - Rachaduras no RAF decorrentes da corrosão das armaduras da viga e empolamento da pintura junto ao teto (indicado pelas setas).

4.6.5.2.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia C2

Através da verificação visual e percutida, estabeleceram-se duas hipóteses. A primeira foi de que a camada de RAF destacou-se do substrato tendo como causa a corrosão da armadura da viga, provocada pela penetração de umidade de precipitação pelo RAF. A segunda, foi a de que a água de precipitação que cai no piso da sacada umedece a região em torno da viga, devido à falhas na impermeabilização da laje, desencadeando o processo de corrosão da armadura, fator gerador do destacamento do RAF observado.

4.6.5.2.2 Diagnóstico mais provável da anomalia C2

Observando a figura 91, verifica-se que não há marcas de sujidades na superfície inferior da viga e que existe friso funcionando como pingador, impedindo que a água da chuva alcance a região afetada. Porém, pode-se observar que o teto da laje da sacada possui marca de infiltração muito próxima a área danificada pela

corrosão da armadura da viga. Dessa forma, o diagnóstico mais provável é o de que a água de precipitação que se deposita no piso da sacada umedece a região em torno da viga devido à falhas na impermeabilização da laje, desencadeando o processo de corrosão da armadura, fator gerador do destacamento do RAF observado. Pode-se determinar que a origem da anomalia ocorreu por falha construtiva.

4.6.5.2.3 Forma de correção adotada para a anomalia C2

Realização da substituição da impermeabilização da sacada, bem como a execução do tratamento da armadura conforme o processo de correção adotado para a anomalia A1, item 4.4.5.1.4 (p. 69).

4.6.5.2.4 Formas de manutenção do reparo da anomalia C2

Manter a pintura e a superfície do reparo limpas e sempre em bom estado, bem como manter o sistema de impermeabilização das sacadas em boas condições e as saídas pluviais sempre desobstruídas.

4.6.5.3 Descrição da anomalia C3

Na figura 92 observam-se as fissuras existentes no paredão em torno do compartimento onde se encontra o barrilete do reservatório superior.

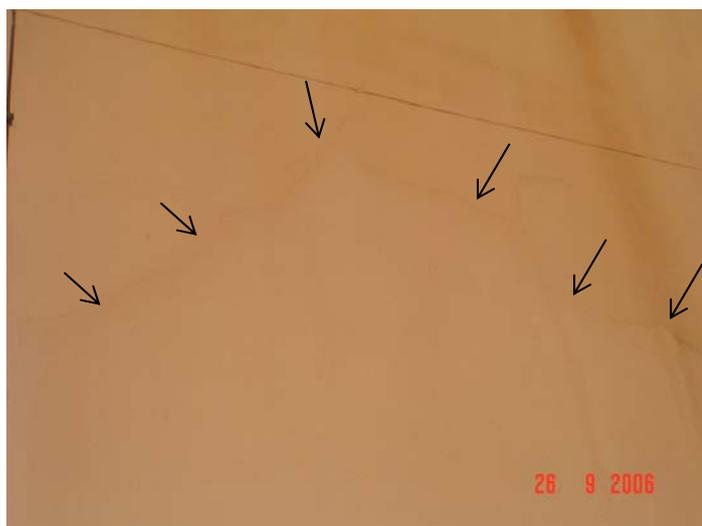


Figura 92 – Fissuras existentes junto a parede da escadaria em torno do barrilhete, situada na fachada oeste

4.6.5.3.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia C3

A primeira hipótese estabelece que as fissuras surgiram em decorrência da retração da alvenaria, devido a variação de temperatura, agravada pela grande superfície exposta aos raios solares. A segunda hipótese estabelece que as fissuras foram decorrentes somente da retração do RAF devido a fatores térmicos e higroscópicos.

4.6.5.3.2 Diagnóstico mais provável da anomalia C3

O diagnóstico mais provável é que as fissuras surgiram em decorrência da retração da alvenaria devido a variação de temperatura, agravada pela grande superfície exposta aos raios solares pintadas com cor de tonalidade escura com pouca refletância solar.

Pode-se considerar que a origem mais provável da anomalia foi decorrente da falha durante o uso.

4.6.5.3.3 Alternativas de correção proposta para a anomalia C3

As alternativas de correção são a vedação das fissuras existentes e a mudança na cor do revestimento superficial.

4.6.5.3.4 Forma de correção proposta para a anomalia C3

Realização da vedação das fissuras conforme o processo de correção proposta para a anomalia B3, item 4.5.5.3.4, (p.99).

4.6.5.3.5 Forma de manutenção do reparo da anomalia C3

Verificar periodicamente se os selantes aplicados sobre as fissuras encontram-se em bom estado. Caso a resposta seja negativa, efetuar sua

substituição. Realizar a repintura da superfície utilizando cores com tonalidades claras.

4.6.5.4 Descrição da anomalia C4

Na figura 93 observa-se a ocorrência de trinca na interface da alvenaria com o pilar e a viga existente na fachada oeste:

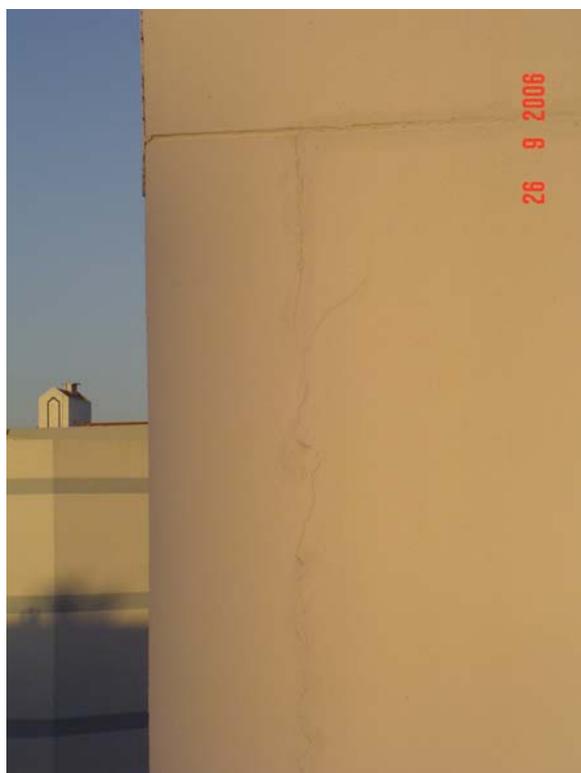


Figura 93 - Fissura na interface da alvenaria com pilar

4.6.5.4.1 Hipóteses de diagnóstico para a anomalia C4

Essa situação é típica de trincas provenientes da movimentação térmica decorrente da diferença de coeficientes de dilatação do concreto e da alvenaria (THOMAZ, 1992).

4.6.5.4.2 Diagnóstico mais provável da anomalia C4

A anomalia observada tem como diagnóstico mais provável a ocorrência do fissuramento vertical do RAF, decorrente dos esforços gerados pela dilatação e pela contração na interface entre a alvenaria de blocos cerâmicos e a estrutura de concreto armado do pilar, sendo possível determinar a origem da anomalia como a falta de projeto de execução de alvenaria, bem como por falha construtiva.

4.6.5.4.3 Propostas alternativas de reparo para a anomalia C4

Trata-se de uma fissura ativa, que estará sempre aumentando e diminuindo a espessura de sua abertura, portanto, as alternativas de reparo devem considerar este fenômeno natural, desse modo pode-se realizar duas formas de reparo. A primeira é distribuir os esforços gerados pela dilatação e retração através de tela metálica leve inseridas no RAF de reparo. A segunda é permitir a movimentação dos materiais, acrescentando produto flexível na interface entre ambos, de maneira a criar uma barreira contra a penetração de umidades diversas e permitindo a flexibilidade do sistema.

4.6.5.4.4 Forma de correção proposta para a anomalia C4

Realização da vedação das fissuras conforme o processo de correção proposto para a anomalia B3, item 4.5.5.4.4, (p.99).

4.6.5.4.5 Formas de manutenção do reparo da anomalia C4

Verificar periodicamente se o selante se encontra em bom estado, caso a resposta seja negativa, efetuar sua substituição.

4.6.5.5 Descrição da anomalia C5

Na figura 94 podemos observar o estado em que se encontram as platibandas em torno do edifício, tendo o revestimento superficial manchado em razão de sujidades e do desenvolvimento de microorganismos:

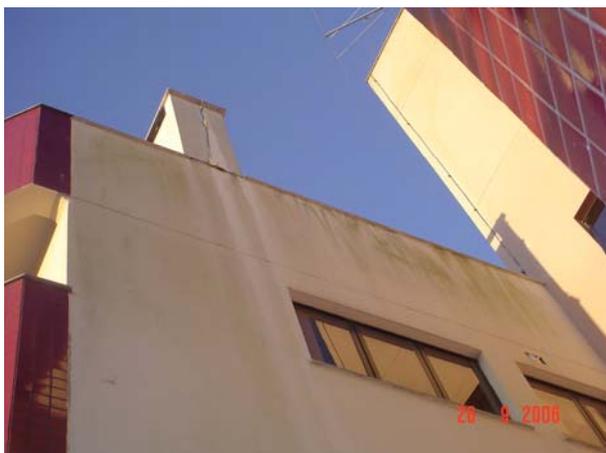


Figura 94 - Parede da reentrância dos setores de serviço com sujidade na região superior. Parede com orientação ao sul



Figura 95 - Sujidades nas platibandas próximas às sacadas. Parede com orientação ao sul

4.6.5.5.1 Hipóteses de diagnósticos para a anomalia C5

Avaliando a anomalia C5, verificou-se a ocorrência de sujidades e do desenvolvimento de microorganismos, tais como fungos, algas e líquens, que se estabeleceram sobre o revestimento superficial do RAF. Assim, a primeira hipótese estabelece que as manchas em ambas as fachadas são provenientes de microorganismos, sendo a fachada sul mais prejudicada por receber pouca radiação solar direta (UEMOTO, 1999).

A segunda hipótese estabelece que as manchas situadas em torno das platibandas são provenientes da proliferação de micro-organismos. Situação agravada pelo acúmulo de sujidades na superfície superior da platibanda que, com as chuvas, são lançados nas fachadas, criando um ambiente propício para o desenvolvimento desses agentes biodeterioradores (ARGILÉS, 1999).

Durante a vistoria, observou-se que as placas protetoras em granito sobre as platibandas estão com suas pingadeiras obstruídas por massa de textura acrílica utilizada na pintura original do edifício. Dessa forma, não realizam sua função de pingadeiras, permitindo que as sujidades sejam transportadas para a superfície do RAF pela água da chuva.

A terceira hipótese estabelece que as manchas observadas na fachada sul, sejam provenientes do desenvolvimento de micro-organismos nos trechos que se mantêm úmidos por mais tempo (SATO, 2002).

4.6.5.5.2 Diagnóstico mais provável da anomalia C5

Ao avaliar as hipóteses formuladas chegou-se ao seguinte diagnóstico mais provável: a anomalia C5 é decorrente de sujidades e da proliferação de agentes biodeterioradores, tais como fungos, algas e líquens, provenientes da falta de manutenção preventiva (lavações e repintura) das superfícies e pela ineficiência dos protetores e pingadeiras sobre o topo das platibandas. É possível determinar então que a origem da anomalia é uma falha construtiva decorrente do tamponamento das pingadeiras das proteções e pela falta de manutenção da pintura. Salienta-se ainda que a fachada sul foi mais danificada em decorrência de sua pouca incidência solar.

4.6.5.5.3 Propostas alternativas de reparo para a anomalia C5

Há necessidade de se efetuar duas intervenções preventivas e reparativas, com objetivo de amenizar a ação das sujidades e dos agentes biodeterioradores causadores da anomalia, a saber: substituir os protetores sobre as platibandas e realizar a lavagem e a repintura das fachadas.

4.6.5.5.4 Forma de correção proposta para a anomalia C5

Substituição da proteção sobre as platibandas com pingadeiras com pingadores nas extremidades inferiores, realizar a limpeza e pintura das fachadas, conforme sistema de correção proposta para a anomalia A2, item 4.4.5.2.4, (p.74).

4.6.5.5.5 Forma de manutenção do reparo da anomalia C5

Manter a pintura sempre em bom estado, realizando lavações periódicas das fachadas, bem como manter os rejantes dos protetores das platibandas sempre em bom estado de conservação.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta as análises das manifestações patológicas nos estudos de caso, desenvolvidas através de quadros com as suas respectivas anomalias observadas nos RAF, conforme mostram as tabelas 11 e 12.

Tabela 11 - Anomalias analisadas no Edifício Trindade – Caso A: prováveis origens, causas e efeitos

Anomalia	Efeitos	Causa mais provável	Origem mais provável
A1	- Destacamento do RAF - Fissuramento do RAF	- Corrosão de armadura do pilar	- Falha de execução na camada de revestimento do pilar
A2	- Biodeterioração - Sujidades	- Ausência de pingadeiras nas platibandas - Possíveis vazamentos em canalizações - Falhas em rejuntas nos banheiros e áreas de serviço	- Possível falha de projeto por não ter previsto as pingadeiras sobre as platibandas e - Falta de manutenção nas fachadas e nos aptos (falha decorrente do uso)
A3	- Fissuração do RAF - Destacamento do RAF	- Corrosão de armadura das vigas das sacadas	- Ausência ou falha de projeto de impermeabilização das sacadas e - Falha de execução (ineficiência do arremate da impermeabilização junto a saída pluvial da laje da sacada)
A4	- Fissuração do RAF de forma mapeada	- Retração do RAF por variação de temperatura e/ou por fatores higroscópicos	- Falta de manutenção do revestimento superficial do RAF (falha decorrente do uso)
A5	- Fissuração do RAF na interface entre pilar e alvenaria.	- Movimentação entre materiais com diferentes propriedades térmicas.	- Ausência ou falha de projeto de produção da alvenaria e - Falha de execução
A6	- Desagregação do RAF	- Expansão de sais presentes no RAF	- Ausência de manutenção das calhas (falha decorrente do uso)
A7	- Biodeterioração - Sujidades	- Inexistência de caimentos para o escoamento da água da chuva	- Ausência ou falha de projeto da impermeabilização da laje de cobertura do reservatório superior

Tabela 12 - Anomalias analisadas no Edifício Estreito - Caso B: prováveis origens, causas e efeitos

Anomalia	Efeitos	Causa mais provável	Origem mais provável
B1	- Biodeterioração - Sujidades	- Falta de pingadeiras nas platibandas.	- Possível falha de projeto por não ter previsto as pingadeiras sobre as platibandas e; - Falta de manutenção das fachadas (falha decorrente do uso);
B2	- Fissuração do RAF; - Destacamento do RAF;	- Corrosão da armadura do pilar.	- Falha de execução no cobrimento da armadura.
B3	- Fissuração do RAF;	- Retração da alvenaria por variação de temperatura.	- Falta de manutenção do revestimento superficial do RAF (falha decorrente do uso).
B4	- Fissuração do RAF de forma mapeada.	- Retração do RAF por variação de temperatura e/ou por fatores higroscópicos.	- Falta de manutenção do revestimento superficial do RAF (falha decorrente do uso).
B5	- Fissuração do RAF na interface entre laje e alvenaria.	- Movimentação da laje devido a variações de temperatura.	- Ausência ou falha de projeto de produção da alvenaria; - Falha de execução da platibanda.

Tabela 13 - Anomalias analisadas no Edifício Ingleses - Caso C, com suas prováveis origens, causas e efeitos

Anomalia	Efeitos	Causa mais provável	Origem mais provável
C1	- Fissuração do RAF;	- Inexistência de contra-verga na janela.	- Inexistência ou falha de projeto de alvenaria; - Falha de execução da alvenaria.
C2	- Fissuração do RAF; - Destacamento do RAF;	- Corrosão da armadura da viga da sacada.	- Ausência ou falha de projeto de impermeabilização das sacadas ;
C3	- Fissuração do RAF;	- Retração da alvenaria por variação de temperatura.	- Falta de manutenção do revestimento superficial do RAF (falha decorrente do uso).
C4	- Fissuração do RAF na interface entre pilar e alvenaria.	- Movimentação entre materiais com diferentes propriedades térmicas.	- Ausência ou falha de projeto de produção da alvenaria e; - Falha de execução.
C5	- Biodeterioração - Sujidades	- Tamponamento das pingadeiras durante a aplicação do revestimento texturizado.	- Falha de execução do revestimento superficial e; - Falta de manutenção do revestimento superficial (falha decorrente do uso)

5.1 EFEITOS OCORRIDOS NO RAF

5.1.1 Edifício Trindade

A Avaliação dos efeitos que as anomalias provocaram no RAF do estudo do caso A possibilitou relacionar os tipos de efeitos e verificar a proporção em que ocorreram, conforme mostra a tabela 14.

Tabela 14 - Classificação das anomalias quanto ao tipo de efeitos analisados no Ed. Trindade

Anomalia	Destacamento do RAF	Fissuras em forma linear	Fissuras mapeadas	Biodeterioração	Sujidades	Desagregação
A1						
A2						
A3						
A4						
A5						
A6						
A7			100%			

De todos os tipos de efeitos relacionados, as fissuras em formas lineares foram as que ocorreram em maior proporção, seguidos pelo destacamento do RAF, pela biodeterioração e pelas sujidades. As fissuras mapeadas e o desagregamento do RAF ocorreram em menor proporção.

5.1.2 Edifício Estreito

A Avaliação dos efeitos que as anomalias provocaram no RAF do estudo de caso B, possibilitou relacionar os tipos de efeitos e verificar a proporção em que ocorreram, conforme mostra a tabela 15.

Tabela 15 - Classificação das anomalias quanto ao tipo de efeitos analisados no Ed. Estreito

Anomalia	Destacamento do RAF	Fissuras em forma linear	Fissuras mapeadas	Biodeterioração	Sujidades	Desagregação
B1						
B2						
B3						
B4						
B5						

De todos os tipos de efeitos relacionados, as fissuras em formas lineares foram as que ocorreram em maior proporção.

5.1.3 Edifício Ingleses

A avaliação dos efeitos que as anomalias provocaram no RAF do estudo de caso C, possibilitou relacionar os tipos de efeitos e verificar a proporção em que ocorreram, conforme mostra a tabela 16.

Tabela 16 - Classificação das anomalias quanto ao tipo de efeitos analisados no Ed. Ingleses

Anomalia	Destacamento do RAF	Fissuras em forma lineares	Fissuras mapeadas	Biodeterioração	Sujidades	Desagregação
C1						
C2						
C3						
C4						
C5						

De todos os tipos de efeitos relacionados, as fissuras em formas lineares foram as que ocorreram em maior proporção.

5.2 CAUSAS DE ANOMALIAS NO RAF

5.2.1 Edifício Trindade – Caso A

A avaliação das causas que provocaram os efeitos encontrados no RAF do estudos de caso A, possibilitou desenvolver a tabela 17, que identifica a causa que desencadeou cada anomalia:

Tabela 17 - Causas das anomalias observadas no Ed. Trindade

Anomalia	Corrosão de armadura	Ausência ou falha nas pingadeiras	Ausência de limpeza nas fachadas	Retração do RAF	Retração da alvenaria	Expansão por sais	Falhas sistema de escoamento	Movimentação térmica de materiais	Dilatação de laje/ cobertura
A1									
A2									
A3									
A4									
A5									
A6									
A7									

Podem ser observadas na tabela 17 as duas causas do tipo corrosão de armadura: uma correspondente à armadura de pilar e a outra a armadura de viga.

5.2.2 Edifício Estreito – Caso B

A avaliação das causas que provocaram os efeitos encontrados no RAF do caso B, possibilitou desenvolver a tabela 18 que identifica as causas que desencadearam cada anomalia.

Tabela 18 - Causas das anomalias observadas no Ed. Estreito

Anomalia	Corrosão de armadura	Ausência ou falha nas pingadeiras	Ausência de limpeza nas fachadas	Retração do RAF	Retração da alvenaria	Expansão de sais	Falhas sistema de escoamento	Movimentação térmica de materiais	Dilatação de laje/ cobertura
B1									
B2									
B3									
B4									
B5									

Pode-se observar na tabela 18 como a cada anomalia foi atribuída uma provável causa, sendo que para a anomalia B1 foram identificadas duas prováveis causas que atuaram conjuntamente.

5.2.3 Edifício Ingleses

A avaliação das causas que provocaram as anomalias encontradas no RAF do estudo de caso C, possibilitou desenvolver a tabela 19 que identifica as causas que desencadearam cada anomalia.

Tabela 19 - Causas das anomalias observadas no Ed. Ingleses

Anomalia	Corrosão de armadura	Ausência de falha nas pingadeiras	Falta de limpeza nas fachadas	Retração do RAF	Retração da alvenaria	Expansão de sais	Falhas sistema de escoamento	Movimentação térmica/materiais	Dilatação de laje/cobertura
C1									
C2									
C3									
C4									
C5									

Nesse estudo de caso cada anomalia apresentou somente uma provável causa.

5.3 ORIGENS DAS ANOMALIAS DO RAF

5.3.1 Edifício Trindade

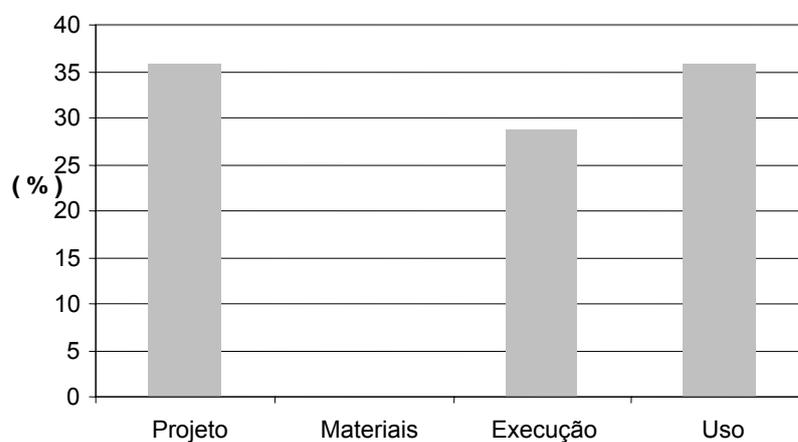
A avaliação das origens das anomalias do estudo de caso A, como mostra a tabela 20, possibilitou verificar que 28,58% sobre o total das anomalias observadas, foram decorrentes de falhas durante a execução da obra; 35,71% foram decorrentes da falta de manutenção durante o uso da edificação e 28,58% foram decorrentes de ausência ou falhas de informações nos projetos, conforme pode-se visualizar no gráfico 4.

Tabela 20 - Tabela comparativa das prováveis origens de anomalias observadas no Ed. Trindade

Anomalia	Projeto	Materiais	Execução	Uso
A1			100%	
A2	50%			50%
A3	50%		50%	
A4				100%
A5	50%		50%	
A6				100%
A7	100%		100%	

Pode-se verificar que nas anomalias observadas visualmente no Ed. Trindade, não foi identificada nenhuma origem com relação à falha dos materiais utilizados. No entanto, isso não significa a inexistência desse tipo de falha. Para uma afirmação dessa natureza, fazem-se necessárias análises laboratoriais que avaliem as propriedades mecânicas, físicas e químicas, verificando suas condições de uso mas que, todavia, não fazem parte dos objetivos deste trabalho.

Gráfico 4 - Origens das anomalias observadas no Ed. Trindade



5.3.2 Edifício Estreito

A avaliação das causas das anomalias encontradas no estudo de caso B, como mostra a tabela 21, possibilitou verificar que 30%, sobre o total das anomalias observadas, foram decorrentes de falhas durante a execução da obra; 50%

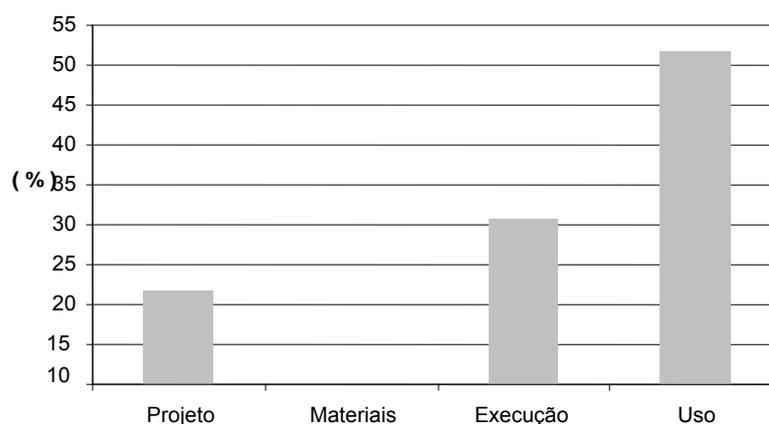
decorrentes de falta de manutenção durante o uso da edificação e 20% decorrentes de ausência ou falhas de informações em projetos, como exposto no gráfico 5.

Tabela 21 - Tabela comparativa das origens de anomalias do Caso B

Anomalia	Projeto	Materiais	Execução	Uso
B1	50%			50%
B2			100%	
B3				100%
B4				100%
B5	50%		50%	

Pode-se verificar que junto às anomalias observadas visualmente no Ed. Estreito não foram identificadas origens resultantes de falha dos materiais utilizados.

Gráfico 5 - Origens das anomalias - Ed. Estreito



Nesse estudo de caso, predominam as origens relacionadas à ausências ou falhas decorrentes do uso da edificação.

5.3.3 Edifício Ingleses

A avaliação das causas das anomalias observadas no estudo de caso C, mostrados na tabela 22, possibilitaram verificar que 50% delas foram decorrentes de falhas durante a execução da obra; 30% decorrentes da falta de manutenção

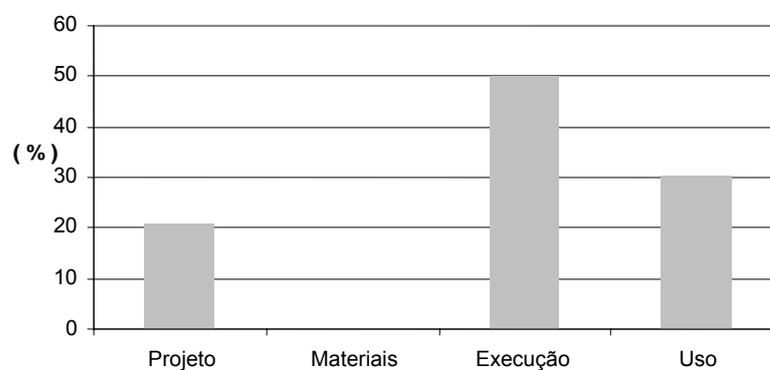
durante o uso da edificação e 20% decorrente da ausência ou de falhas de informações em projetos, como mostra o gráfico 6.

Tabela 22 - Tabela comparativa quanto as origens das anomalias do Caso C

Anomalia	Projeto	Materiais	Execução	Uso
C1	50%		50%	
C2			100%	
C3				100%
C4	50%		50%	
C5			50%	50%

Pode-se verificar que nas anomalias observadas visualmente no Ed. Ingleses, não foram identificadas origens relacionadas à falhas dos materiais utilizados.

Gráfico 6 - Origens das anomalias observadas no Ed. Ingleses



Neste estudo de caso, predominaram as origens relacionadas à falhas de execução.

5.4 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA UMIDADE NAS CAUSAS DAS ANOMALIAS OBSERVADAS

5.4.1 Edifício Trindade

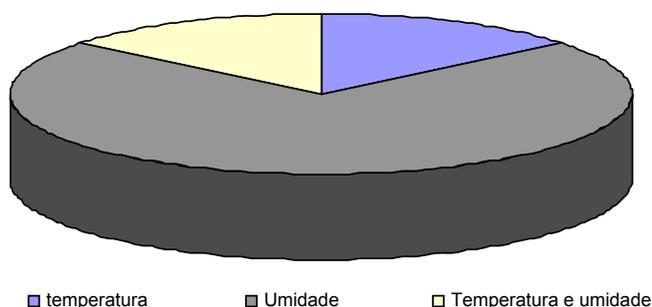
A avaliação da influência que a temperatura e a umidade geraram nas causas das anomalias observadas no estudo de caso A, possibilitou verificar que 71,42% das manifestações patológicas tiveram influência de umidades; 14,29% tiveram influência da temperatura e 14,29% tiveram a influência dos dois fenômenos, conforme mostram a tabela 23 e o gráfico 7:

Tabela 23 - Influência da temperatura e da umidade nas anomalias do Ed. Trindade

Anomalias	Causas	Influência da temperatura	Influência de umidades
A1	- Corrosão de armadura do pilar.		100%
A2	- Ausência de pingadeiras nas platibandas. - Possíveis vazamentos em canalizações. - Falhas em rejuntas nos banheiros e áreas de serviço.		100%
A3	- Corrosão de armadura das vigas das sacadas.		100%
A4	- Retração do RAF por variação de temperatura e/ou por fatores higroscópicos.	50%	50%
A5	- Movimentação entre materiais com diferentes propriedades térmicas.	100%	
A6	- Expansão de sais presentes no RAF.		100%
A7	- Inexistência de caimentos para o escoamento da água da chuva.		100%

Pode-se observar, na figura 6.12, que a maioria das causas das anomalias encontradas no estudo de caso A, tiveram a influência direta de umidades.

Gráfico 7 - Influência da temperatura e umidade nas anomalias observadas no Edifício Trindade



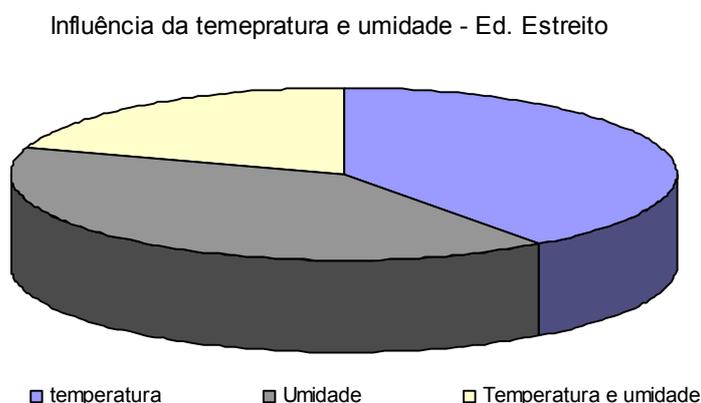
5.4.2 Edifício Estreito

A avaliação da influência que a temperatura e a umidade geraram nas causas das anomalias observadas no estudo de caso B, possibilitaram verificar que 40% das manifestações patológicas tiveram influência de umidades; 40% tiveram influência da temperatura e 20% tiveram a influência dos dois fenômenos, conforme mostram a tabela 24 e o gráfico 8.

Tabela 24 - Influência da temperatura e da umidade nas anomalias do Edif. Estreito

Anomalias	Causas	Influência da temperatura	Influência de umidades
B1	- Falta de pingadeiras nas platibandas.		100%
B2	- Corrosão da armadura do pilar.		100%
B3	- Retração da alvenaria por variação de temperatura.	100%	
B4	- Retração do RAF por variação de temperatura e/ou por fatores higroscópicos.	50%	50%
B5	- Movimentação da laje devido a variações de temperatura.	100%	

Gráfico 8 – Influência da temperatura e da umidade no Ed. Estreito



Observa-se na tabela 24 que a maioria das causas das anomalias encontradas no estudo do caso B, tiveram a influência da umidades e de temperatura em igual proporção.

5.4.3 Edifício Ingleses

A avaliação da influência que a temperatura e a umidade geraram nas causas das anomalias observadas no estudo de caso C, possibilitaram que se verificasse que 40% das manifestações patológicas tiveram influência de umidades e que 60% tiveram influência da temperatura, conforme mostram a tabela 25 e a gráfico 9:

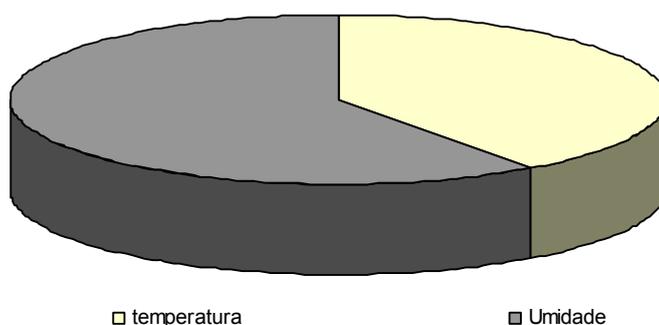
Tabela 25 - Influência da temperatura e da umidade nas anomalias do Ed. Ingleses

Anomalias	Causas	Influência da temperatura	Influência de umidades
C1	- Inexistência de contra-verga na janela.	100%	
C2	- Corrosão da armadura da viga da sacada.		100%
C3	- Retração da alvenaria por variação de temperatura.	100%	
C4	- Movimentação entre materiais com diferentes propriedades térmicas.	100%	
C5	- Tamponamento das pingadeiras durante a aplicação do revestimento texturizado.		100%

Pode-se observar, na tabela 25, que a maioria das causas das anomalias encontradas no estudo de caso C, tiveram a influência da temperatura, diferentemente do resultado encontrado nos dois outros estudos de caso.

Gráfico 9 – Influência da temperatura e da umidade no Ed. Ingleses

Influência da temperatura e umidade - Ed. Ingleses



5.5 PROPOSTAS DE MANUTENÇÃO REPARATIVA E PREVENTIVA

5.5.1 Edifício Trindade

A avaliação das propostas de reparos e das manutenções dos mesmos no estudo de caso A, como mostra a tabela 26, possibilitou classificar as propostas de reparos em seis tipos: tratamento de armaduras, substituição do RAF, colocação de pingadeiras sobre platibandas, impermeabilização de fissuras, impermeabilizações de lajes e de calhas, e execução de repintura. Permitiu também classificar as manutenções dos reparos em três tipos: lavagem de fachadas, calhas e lajes; revisão de rejuntas internos e externos, manter pintura em bom estado (repintura).

Tabela 26 - Reparos e manutenção dos mesmos nas anomalias observadas no Edif. Trindade

Anomalias	Causas	Proposta de reparo	Manutenção do reparo
A1	- Corrosão de armadura do pilar.	- Tratamento da armadura e; - Correção do RAF - Pintura da área corrigida.	- Manter a fachada limpa. - Manter a drenagem do terreno em bom estado
A2	- Ausência de pingadeiras nas platibandas. - Possíveis vazamentos em canalizações. - Falhas em rejuntas nos banheiros e áreas de serviço.	- Colocação de pingadeiras; - Revisão das instalações hidro-sanitárias; - Repintura das fachadas.	- Manter as fachadas sempre limpas; - Revisar os rejuntas das pingadeiras; - Revisar os rejuntas dos bwc e áreas de serviços.
A3	- Corrosão de armadura das vigas das sacadas.	- Revisar a impermeabilização da sacada; - Tratamento das armaduras; - Correção do RAF. - Pintura da área corrigida.	- Manter a pintura limpa e sempre em bom estado; - Manter em bom estado a impermeabilização das sacadas;
A4	- Retração do RAF por variação de temperatura e/ou por fatores higroscópicos.	- Substituição do RAF; - Nova pintura.	- Manter a pintura sempre limpa e em bom estado;
A5	- Movimentação entre materiais com diferentes propriedades térmicas.	- Tamponamento da fissura com material flexível; - Pintura da área corrigida.	- Manter o selante em bom estado.
A6	- Expansão de sais presentes no RAF.	Impermeabilização da calha; - Substituição do RAF;	- Manter a pintura e as calhas limpas e em bom estado.
A7	- Inexistência de caimentos para o escoamento da água da chuva.	- Definir escoamento para as águas pluviais; - Impermeabilizar a laje; - Colocar pingadeiras; - Limpar, tratar e pintar as fachadas;	- Manter a pintura sempre limpa e em bom estado; - Manter a impermeabilização interna do reservatório em bom estado; - Manter as saídas pluviais desobstruídas.

Pode-se observar na tabela 26 que a maioria das propostas de reparo resulta na pintura da área danificada. Já a maioria das manutenções se dá envolvendo a limpeza dos revestimentos superficiais.

5.5.2 Edifício Estreito

A avaliação das propostas de reparos e das manutenções dos mesmos no estudo de caso B, como mostra a tabela 27, possibilitou classificar as manutenções reparativas em seis tipos: tratamento de armaduras, substituição do RAF, colocação de pingadeiras sobre platibandas, impermeabilização de fissuras, impermeabilizações de lajes ou calhas e execução de repintura. Permitiu também classificar a manutenção dos reparos em três tipos: lavagem de fachadas, revisão de rejuntas internos e externos, manter pintura em bom estado (repintura), manter calhas e lajes limpas.

Tabela 27 - Reparos e manutenção dos mesmos nas anomalias observadas no Ed. Estreito

Anomalias	Causas	Proposta de reparo	Manutenção do reparo
B1	- Falta de pingadeiras nas platibandas.	- Colocação de pingadeiras; - Limpeza das fachadas;	- Manter as fachadas sempre limpas; - Revisar os rejuntas das pingadeiras;
B2	- Corrosão da armadura do pilar.	- Tratamento da armadura e; - Correção do RAF - Pintura da área corrigida.	-- Manter a pintura sempre em bom estado; - Manter a fachada limpa.
B3	- Retração da alvenaria por variação de temperatura.	- Tamponamento da fissura com material flexível; - Pintura da área corrigida.	- Manter o selante em bom estado.
B4	- Retração do RAF por variação de temperatura e/ou por fatores higroscópicos.	- Substituição do RAF; - Nova pintura.	- Manter a pintura sempre limpa e em bom estado;
B5	- Movimentação da laje devido a variações de temperatura.	- Colocação de tela no RAF, na interface alvenaria e viga; - Pintura da área corrigida.	- Utilizar pisos com tonalidade clara na laje aberta.

Observa-se na tabela 27 que a maioria das ações reparativas resulta no reparo de fissuras. Já a maioria das manutenções ocorrem envolvendo a limpeza dos revestimentos superficiais.

5.5.3 Edifício Ingleses

A avaliação das propostas de reparos e das manutenções dos mesmos no estudo de caso C, como mostra a tabela 28, possibilitou classificar as manutenções

reparativas em seis tipos: tratamento de armaduras, substituição do RAF, colocação de pingadeiras sobre platibandas, impermeabilização de fissuras, impermeabilizações de lajes ou calhas e execução de repintura. Possibilitou, também, classificar as manutenções dos reparos em quatro tipos: lavagem de fachadas, revisão de rejuntas internos e externos, manter pintura em bom estado (repintura), manter calhas e lajes limpas.

Tabela 28 - Reparos e manutenção dos mesmos nas anomalias observadas no Edif. Ingleses

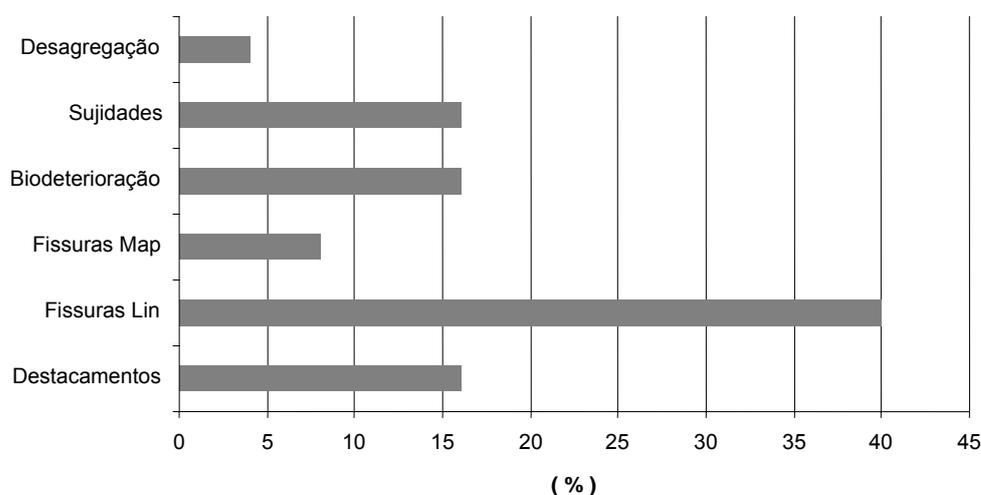
Anomalias	Causas	Proposta de reparo	Manutenção do reparo
C1	- Inexistência de contra-verga na janela.	- Tamponamento da fissura com material flexível; - Pintura da área corrigida.	- Manter o selante em bom estado.
C2	- Corrosão da armadura da viga da sacada.	- Revisar a impermeabilização da sacada; - Tratamento das armaduras; - Correção do RAF. - Pintura da área corrigida.	- Manter a pintura limpa e sempre em bom estado; - Manter em bom estado a impermeabilização das sacadas;
C3	- Retração da alvenaria por variação de temperatura.	- Tamponamento da fissura com material flexível; - Pintura da área corrigida.	- Manter o selante em bom estado.
C4	- Movimentação entre materiais com diferentes propriedades térmicas.	- Tamponamento da fissura com material flexível; - Pintura da área corrigida.	- Manter o selante em bom estado.
C5	- Tamponamento das pingadeiras durante a aplicação do revestimento texturizado.	- Substituição das pingadeiras; - Limpeza das fachadas;	- Manter as fachadas sempre limpas; - Revisar os rejuntas das pingadeiras;

Observa-se, na tabela 28, que a maioria das propostas de reparos resulta no reparo de fissuras. Já a manutenção dos mesmos envolve a revisão periódica dos selantes e a limpeza dos revestimentos superficiais.

5.7 ANÁLISE CONJUNTA DOS EFEITOS, CAUSAS E ORIGENS DAS ANOMALIAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO

A avaliação conjunta dos efeitos observados possibilitou verificar que as fissuras lineares provenientes de retrações de alvenarias, de corrosões de armaduras e de movimentações por variações térmicas foram os efeitos com maior incidência nos três edifícios. As fissuras mapeadas e a desagregação do RAF foram pouco incidentes nos três estudos de caso. No entanto, a biodeterioração e as sujidades tiveram uma maior ocorrência nos efeitos observados como mostra o gráfico 10.

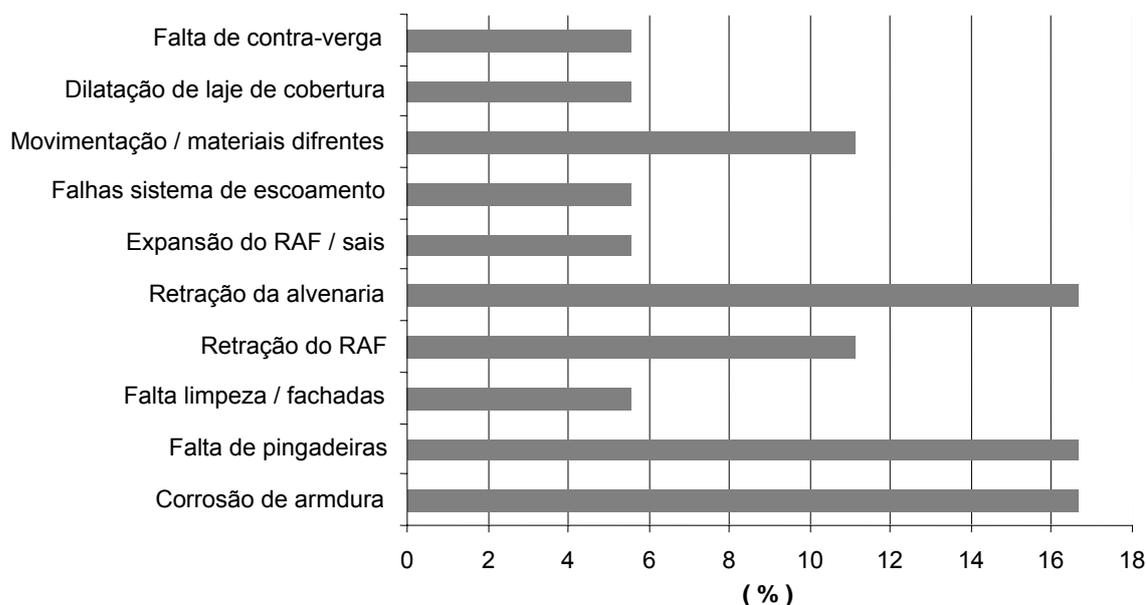
Gráfico 10 - Tipos de efeitos provocados no RAF nos três estudos de caso



5.8 ANÁLISE CONJUNTA DAS CAUSAS DAS ANOMALIAS IDENTIFICADAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO.

A avaliação conjunta das causas das anomalias observadas nos três edifícios possibilitou verificar que as causas mais comuns foram a corrosão de armaduras, as falta de pingadeiras sobre as platibandas e a retração da alvenaria, seguidas da retração do RAF e das movimentações entre materiais de diferentes propriedades térmicas, conforme mostra o gráfico 11.

Gráfico 11 - Causas dos efeitos no RAF dos três estudos de caso



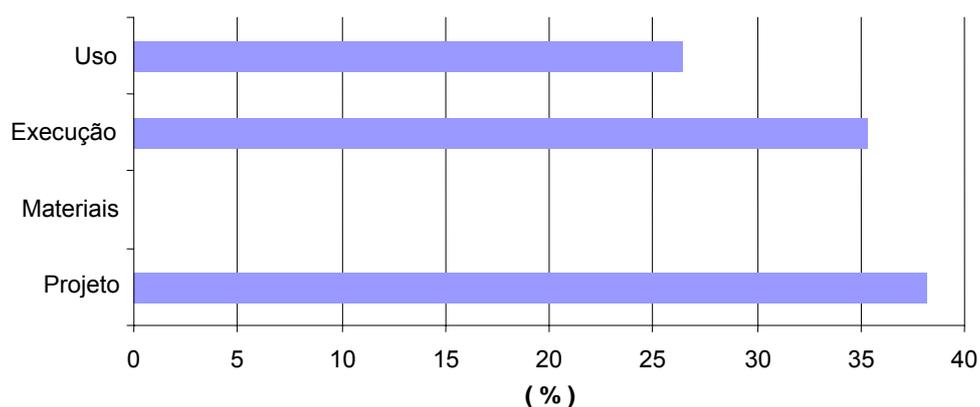
5.9 ANÁLISE CONJUNTA DAS ORIGENS DAS ANOMALIAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO

A avaliação conjunta das origens mais prováveis identificadas nos três estudos de caso possibilitou verificar que ausência ou falhas de projeto foram o que incidiu na maioria das anomalias observadas, seguidas logo após pelas falhas de execução, como mostra o gráfico 12.

A falta de manutenção, relacionada ao uso da edificação contribuiu com uma parcela significativa na ocorrência de anomalias. Nesses três estudos de caso não houve nenhuma anomalia aparentemente decorrente da qualidade ou falha dos materiais empregados, como mostra o gráfico 12, pois todas as anomalias tiveram condições de serem diagnosticadas sem a necessidade de ensaios laboratoriais. No entanto, isso não significa a inexistência deste tipo de falha. Para uma afirmação precisa, fazem-se necessárias análises laboratoriais para a avaliação das

propriedades mecânicas, físicas e químicas, verificando as condições de uso que não fazem parte dos objetivos desse trabalho.

Gráfico 12 - Origens das anomalias dos três estudos de caso



5.10 ANÁLISE CONJUNTA DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA UMIDADE NAS CAUSAS DAS ANOMALIAS OBSERVADAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO

A avaliação da influência que a temperatura e a umidade geraram nas causas das anomalias observadas nos três estudos de caso conjuntamente, possibilitou verificar que 52,94% das manifestações patológicas tiveram influência de umidades; 35,29% tiveram influência da temperatura e 11,77% tiveram a influência dos dois fenômenos, conforme evidenciam a tabela 29 e o gráfico 13.

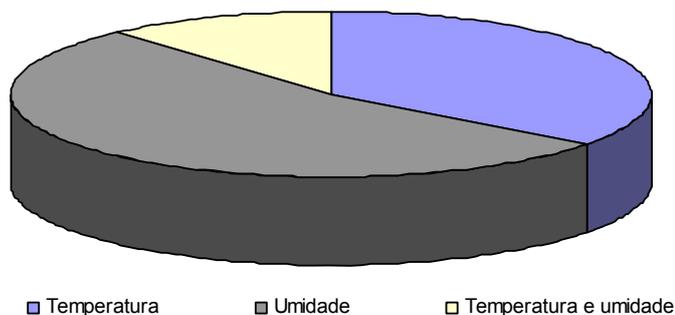
Tabela 29 - Influência da temperatura e da umidade nas anomalias presentes nos três estudos de caso

Anomalias	Causas	Influência da temperatura	Influência da umidade
A1	- Corrosão de armadura do pilar.		100%
A2	- Ausência de pingadeiras nas platibandas. - Possíveis vazamentos em canalizações. - Falhas em rejuntas nos banheiros e áreas de serviço.		100%
A3	- Corrosão de armadura das vigas das sacadas.		100%
A4	- Retração do RAF por variação de temperatura e/ou por fatores higroscópicos.	50%	50%
A5	- Movimentação entre materiais com diferentes propriedades térmicas.	100%	
A6	- Expansão de sais presentes no RAF.		100%
A7	- Inexistência de caimentos para o escoamento da água da chuva.		100%
B1	- Falta de pingadeiras nas platibandas.		100%
B2	- Corrosão da armadura do pilar.		100%
B3	- Retração da alvenaria por variação de temperatura.	100%	
B4	- Retração do RAF por variação de temperatura e/ou por fatores higroscópicos.	50%	50%
B5	- Movimentação da laje devido a variações de temperatura.	100%	
C1	- Inexistência de contra-verga na janela.	100%	
C2	- Corrosão da armadura da viga da sacada.		100%
C3	- Retração da alvenaria por variação de temperatura.	100%	
C4	- Movimentação entre materiais com diferentes propriedades térmicas.	100%	
C5	- Tamponamento das pingadeiras durante a aplicação do revestimento texturizado.		100%

Observa-se com a ajuda do gráfico 16 que a maior parte das causas das anomalias encontradas nos três estudos de caso tiveram a influência direta de umidades, seguida da temperatura.

Gráfico 13 – Influência da temperatura e da umidade nos três estudos de caso

Influência da temperatura e umidade nos três estudos de caso



5.11 ANÁLISE CONJUNTA DA INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR NAS ANOMALIAS DAS FACHADAS NOS TRES ESTUDOS DE CASO

A avaliação conjunta da influência da radiação solar no desenvolvimento das anomalias, com relação a orientação solar das fachadas, possibilitou desenvolver a tabela 30. Nessa tabela podem ser verificadas as fachadas que desencadearam fissuras no RAF: as direcionadas ao norte, a oeste, a noroeste e a nordeste. Porém, a anomalia B4 desenvolveu fissuras mapeadas, mesmo estando voltada para a orientação sudeste, que recebe pouca radiação solar direta.

As fachadas orientadas para sudeste e sudoeste, desenvolveram mais intensamente manchas escuras provenientes de sujidades e proliferação de microorganismos. Isto deve-se ao fato dessas fachadas receberem pouca radiação solar direta, dificultando a evaporação da umidade superficial, contribuindo para o desenvolvimento dos micro-organismos.

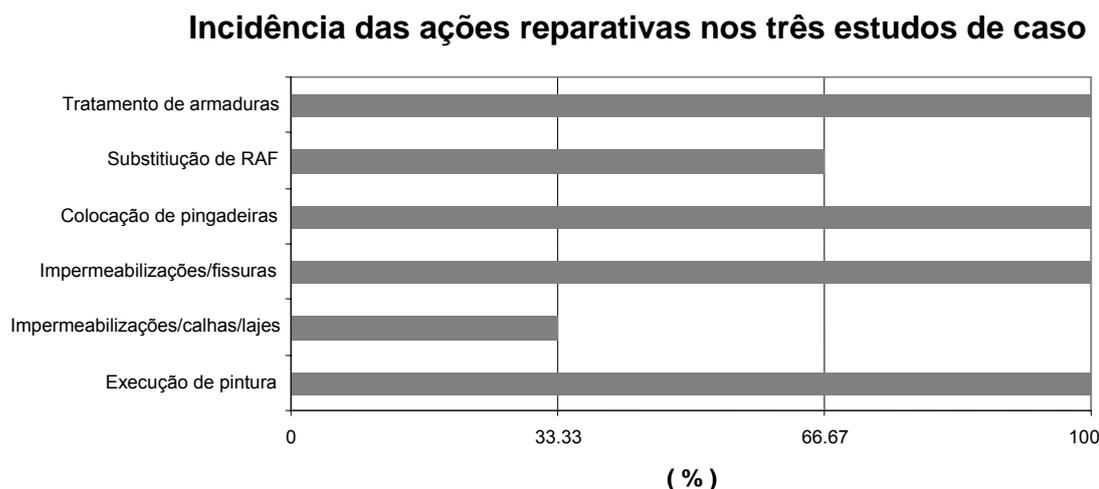
Tabela 30 - Influência da radiação solar no desenvolvimento das anomalias em relação a orientação solar das fachadas

Anomalia	Orientação das fachadas com maior incidência dos tipos de anomalias observadas	Efeitos observados	Incidência de radiação solar.
A2	Sudoeste Sudeste	- Biodeterioração - Sujidades	pouco
A4	Noroeste	- Fissuração do RAF de forma mapeada.	muito
A5	Nordeste	- Fissuração do RAF na interface entre pilar e alvenaria.	moderado
B1	Sudoeste Sudeste	- Biodeterioração - Sujidades	pouco
B3	Noroeste Nordeste	- Fissuração do RAF;	muito
B4	Sudeste	- Fissuração do RAF de forma mapeada.	pouco
B5	Nordeste	- Fissuração do RAF na interface entre laje e alvenaria.	moderado
C1	Norte	- Fissuração do RAF;	muito
C3	Oeste	- Fissuração do RAF;	moderado
C4	Oeste	- Fissuração do RAF na interface entre pilar e alvenaria.	moderado
C5	Sudeste Leste	- Biodeterioração - Sujidades	pouco

5.12 ANÁLISE CONJUNTA DAS PROPOSTAS DE MANUTENÇÃO REPARATIVA DAS ANOMALIAS OBSERVADAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO

A avaliação conjunta das ações reparativas nos três estudos de caso possibilitou desenvolver o gráfico 14, que apresenta a incidência dos tipos de ações reparativas que necessitam ser realizadas nos três edifícios.

Gráfico 14 – Incidência das ações reparativas



Através do gráfico 14 é possível verificar que os tipos de ações reparativas mais incidentes nos três edifícios foram a impermeabilização de fissuras, a colocação de pingadeiras sobre as platibandas, o tratamento de armaduras e a pintura de fachadas

5.13 ANÁLISE CONJUNTA DAS PROPOSTAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA CONTRA AS ANOMALIAS OBSERVADAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO

A avaliação conjunta das formas de manutenção dos reparos e do RAF observadas nos três estudos de caso possibilitou verificar que mantendo-se os elementos da edificação, principalmente pingadeiras, rejuntas das pingadeiras, impermeabilizações de calhas e lajes, rejuntas de banheiros, áreas de serviços, e, principalmente, mantendo as fachadas limpas e em bom estado, pode-se melhorar e prolongar o desempenho e a durabilidade do RAF.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos três estudos de caso possibilitou a observação das anomalias dos revestimentos argamassados nas fachadas (RAF), bem como a identificação de suas prováveis causas, possibilitando afirmar que as origens da maioria das manifestações patológicas observadas provêm de falhas ou indefinições de projetos, falhas de execução e de falta ou falhas de manutenção durante o uso destes edifícios.

Os resultados possibilitaram classificar os efeitos e as causas das anomalias observadas no RAF dos três edifícios, bem como desenvolver tabelas comparativas para análise. Esse método de trabalho possibilitou sugerir alternativas para a prevenção e a manutenção das fachadas dos casos estudados, cujo objetivo final é o aumento da vida útil do RAF e dos revestimentos superficiais neles empregados.

6.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MÉTODO UTILIZADO NESTE TRABALHO

A metodologia proposta por Lichtenstein pode ser aplicada desde as etapas de avaliação de anomalias, diagnóstico, prognóstico, definição de condutas, execução e avaliação dos resultados da execução. Nesse trabalho adotou-se um modelo simplificado dessa metodologia, não incluindo os exames laboratoriais na etapa de avaliação das anomalias, e também não incluindo as etapas de execução e avaliação das intervenções reparativas realizadas.

O modelo simplificado utilizado mostrou-se bastante eficaz quando aplicado nos estudos de caso, possibilitando uma verificação das hipóteses formuladas e facilitando a elaboração do diagnóstico mais provável para as anomalias observadas.

6.2 CONSIDERAÇÕES QUANTO AOS EFEITOS DAS ANOMALIAS SOBRE O RAF

Os efeitos identificados no RAF dos três estudos de caso, tais como fissuras, desagregações, destacamentos, manchas e outros descrito nesse trabalho, não tiveram relação aparente com a qualidade dos materiais utilizados nos RAF.

As fissuras lineares provenientes de retrações de alvenarias, de corrosões de armaduras e de movimentações por variações térmicas foram os efeitos com maior incidência nos três edifícios, seguidos da biodeterioração e das sujidades. De outra parte as fissuras mapeadas e a desagregação do RAF foram pouco observadas.

6.3 CONSIDERAÇÕES QUANTO AS CAUSAS DAS ANOMALIAS

A avaliação comparativa das causas das anomalias observadas nos três edifícios possibilitou verificar que as causas mais freqüentes foram a corrosão de armaduras, a falta de pingadeiras sobre as platibandas e a retração da alvenaria; seguidas da retração do RAF e das movimentações entre materiais de diferentes propriedades térmicas.

Conforme verificado nas análises dos estudos de caso, pode-se constatar que as causas das anomalias tiveram como influência as variações de umidade e/ou a variação de temperatura.

As umidades ascendentes do solo e de precipitação de chuva contribuíram para o desenvolvimento das corrosões de armaduras em pilares e/ou vigas de sacadas nos três estudos de caso. Estas umidades propiciaram, também, o surgimento de agentes biodeterioradores e de sujidades nas fachadas.

As variações de temperatura contribuíram para a formação de fissuras de retração nas alvenarias nos três estudos de caso. Essas variações provocaram fissuras pontuais situadas na interface da platibanda com a laje de cobertura e também na interface entre as alvenarias e as estruturas nos três edifícios.

6.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ORIGENS DAS ANOMALIAS ENCONTRADAS NO RAF

A avaliação comparativa das origens identificadas nos três estudos de caso possibilitou verificar que a ausência ou as falhas de projeto foram mais frequentes nas anomalias observadas, seguidas logo após pelas falhas de execução, de modo similar aos estudos de caso das bibliografias utilizadas para o desenvolvimento desse trabalho. Entretanto, a falta de manutenção durante o uso da edificação contribuiu com uma parcela significativa nas origens das anomalias observadas. Nestes três estudos de caso não foi possível observar nenhuma anomalia originada da falta de qualidade ou de falha dos materiais empregados, pois foi possível diagnosticar as origens das anomalias sem a necessidade de ensaios laboratoriais.

6.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR NAS ANOMALIAS DAS FACHADAS DOS TRÊS EDIFÍCIOS

Pode-se concluir que as fachadas direcionadas ao norte, a oeste, a noroeste e a nordeste recebem mais intensamente a radiação direta dos raios solares, desenvolvendo fissuras decorrentes da variação térmica provocada pelo aquecimento e resfriamento do RAF.

Conclui-se também que as fachadas relacionadas com a orientação sul, tais como a sudeste e a sudoeste, desenvolveram mais intensamente manchas escuras provenientes de sujidades e proliferação de microorganismos. Essas fachadas recebem pouco radiação solar direta, dificultando a evaporação da umidade superficial, contribuindo no desenvolvimento dos micro-organismos.

6.6 CONSIDERAÇÕES DAS PROPOSTAS DE MANUTENÇÕES REPARATIVAS

Pode-se verificar que os principais tipos de ações reparativas propostas para os três edifícios foram a impermeabilização de fissuras, a colocação de pingadeiras sobre as platibandas, os tratamentos de armaduras e a repintura das fachadas.

6.7 CONSIDERAÇÕES DAS PROPOSTAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA CONTRA AS ANOMALIAS OBSERVADAS NOS TRÊS ESTUDOS DE CASO

A partir dos diagnósticos realizados é possível propor as seguintes manutenções preventivas:

a) inspeção periódica das fissuras, verificando se o impermeabilizante aplicado na ação reparativa está íntegro;

b) inspeção periódica de calhas pluviais, entradas e saídas pluviais das lajes de sacadas e de coberturas, verificando se não se encontram parcialmente ou totalmente obstruídos;

c) inspeção periódica dos rejuntas das pingadeiras, verificando se estão em bom estado;

d) inspeção e limpeza periódica das fachadas, verificando o excesso de sujidades e de agentes biodeterioradores;

e) inspeção de possíveis vazamentos em tubulações de banheiros, cozinhas, áreas de serviços, bem como das prumadas de tubos de quedas e colunas de água;

f) inspeção de possíveis infiltrações nos box de banheiros e em lajes de sacadas; e

g) inspeção periódica da impermeabilização interna dos reservatórios superiores.

6.8 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como complemento desse trabalho e para o aprofundamento dos diagnósticos elaborados, sugerem-se os seguintes estudos:

- a) desenvolvimento de uma análise laboratorial dos agentes biodeterioradores que atuam sobre os revestimentos argamassados;
- b) identificação de produtos que possam ser aplicados sobre o revestimento superficial, evitando o desenvolvimento de agentes biodeterioradores;

Recomenda-se, também, a complementação da metodologia utilizada para a elaboração desse trabalho, utilizando as demais etapas da metodologia de Lichtenstein referente à execução das ações reparativas adotadas e a avaliação da eficiências destas.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. Boletim Técnico. São Paulo: ABCP, 2002.

ALLSOPP, D. et SEAL, K. J. **Introduction to biodeterioration**. London: Edward Arnold, 1986.

ALVES, J. D. **Materiais de construção**. 6. ed. Goiânia: Editora da UFGO, 1987.
ANDRADE, J. J. O. **Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras: iniciação por cloretos**. Relatório de Qualificação para o Doutorado na UFRGS, Porto Alegre, 2000.

ARGILLÉS, J. M. J et GARCIA, A. A. G. **Patología y técnicas de intervención: fachadas y cobiertas**. Madrid: Munilla- Lérvia, 1999.

BARTH, F. **La accion combinada de las lluvias con vientos en las fachadas de los edificios**. Conferência Internacional Confort y Comportamento Térmico de edificações – COTEDI, Maracaibo Universidade de Zulia, 2000.

_____. Fachadas, arquitetura, ambiente e tecnologia. In. **Anais do II COAPL – Congresso Paranaense do Ambiente Construído**. Londrina: UEL 2001.

BAUER, L. A. F. **Acidentes em obras de concreto e sua recuperação**. São Paulo: Publicações Técnicas do IBRACON. 2003.

BOLORINO, H.; CINCOTTO, M. A. Limpeza de fachadas de argamassa. **Anais I simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas**. Goiânia: UFGO, 1995.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **Strength of brickwork walls**: desing for vertical load. Garston, 1982.

CASTRO, A. P. A. S et al. Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 69-74, abr./jun. 2003.

CEOTTO, L. H; BANDUK, R. C; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de argamassas**: boas práticas em projeto, execução e avaliação. Porto Alegre: Habitare, 2005.

CINCOTTO, M. A. Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações. In. **Tecnologia das Edificações**. São Paulo: Pini/IPT, 1988. p. 549-554.

_____. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. In. **Anais do I simpósio brasileiro em tecnologia das argamassas**. Goiânia: Antac, 1995.

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

_____. Propriedades das argamassas cimento: cal: areia. In. **Seminário sobre argamassas**, INBRACON, São Paulo, Jul. 1985.

DER PLAS, Hueck-Van. The micro-biological deterioration of porous buildings materials. In. **International biodeterioration bulletins**. 1968, p. 11-28.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A. **Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 2002. 1 CD-ROOM.

FIORITO; A. J. S. **Manual de argamassas e revestimentos**: estudos e procedimentos de execução. São Paulo, Ed. Pini, 1994.

FRANCINETE JÚNIOR, P.; FIGUEIREDO, E. J. P. Estudo da difusão do oxigênio no concreto. In. **Boletim Técnico da EPUSP BT/PCC/238**. São Paulo: EPUSP, 1999.

FREITAS, V. P. **Transferência de umidade em paredes de edifícios**: análise do fenômeno de interface. Tese (Doutorado em Engenharia). Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal. 1992.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

GONZÁLEZ, J. A. et al. Part I: when, how and how much steel corrodes. In. **Some questions on the corrosion of steel in concrete**. 1996.

GUIMARÃES, J. E. P. **A cal. Aplicações na engenharia civil**. São Paulo: Ed. PINI, 1997.

GUIMARÃES, J. E. P. et al. A evolução da consolidação dos revestimentos das alvenarias com argamassas contendo cal hidratada. In. **Seminário sobre argamassas**, IBRACON, São Paulo, Jul. 1985.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1993.

_____. **Corrosão das estruturas para concreto armado**. São Paulo: IPT-PINI, 1986.

HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em paredes**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1995.

HONDA, N. K.; VILEGAS, W. **A química dos líquens**. Campo Grande: Ed. UFMS, 1998.

HONDA, N. K. et. al. A química dos líquens. **Química nova**. Campo Grande: Ed. UFMS, 1998. p. 110-125.

JOSIEL, A. **Fissuras y gretas em morteros y hormigones: sus causas y remédios**. Barcelona: Ed. Barcelona, 1975.

KLOSS, C. L. **Materiais para construção civil**. Curitiba: CEFET-PR, 1991.

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

MARIM, J. **Mechanical behavior of engineering materials**. New Jersey: Prentice Hall, 1962.

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

NAPPI, S. C. B et TONERA, R. Rebocos de Recuperação. **IV Congresso iberoamericano de patologia das construções. VI congresso de controle de qualidade**. Departamento de engenharia civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

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

_____. Umidades em paredes. **Anais congresso técnico-científico de engenharia civil**. Florianópolis: UFSC, v. 04, 1996. p. 537-544.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1997.

PAGNUSSAT, D. T. et al. Avaliação das manifestações patológicas em fachadas de prédio histórico na cidade de porto alegre. **Anais V simpósio brasileiro de argamassas**. São Paulo: USP, 2003.

PERRICHET, A. **Developpment de microorganismes á la surface des bétons et enduits: materials et structures**. França, vol. 17, n. 98, 1984.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**. Porto Alegre: Globo, 1975.

_____. **Concreto de cimento Portland**. 12. ed. São Paulo: Globo, 1993.

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

RIBAS, R. B.; CASADEMUNT, A. P. **Reconocimiento, diagnosis e intervención em fachadas**. Catalunya: Itec, 2002.

RILEM - INTERNATIONAL UNION OF TESTING AND RESEARCH LABORATORIES FOR MATERIALS AND STRUCTURES – **Mr-3 The complex workability – consistente – plasticity**. 1st. Ed. France, 1982.

RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. São Paulo: PINI, 1984.

SABBATINI, F. H. Tecnologia de execução de revestimento de argamassas. In. 13º **Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto**. São Paulo, 1990.

SABBATINI, F. H.; BARROS, M. M. S. B. **Recomendações para produção de revestimento cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria**. São Paulo, Convênio EPUSP/CqDCC, 1990.

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

_____. Condensação de vapor de água e desenvolvimento de microrganismos em fachadas de edifícios: estudo de caso. **ANAIS do IX encontro nacional de tecnologia de ambiente construído**. Foz do Iguaçu: Entac, 2002.

SCHMIDT, M. V. et. al. Metodologia para avaliação da ocorrência de fissuração em argamassas. **Anais V simpósio brasileiro de tecnologia em argamassas**, São Paulo: USP, 2003. p. 609-618.

SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassas de cimento portland e cal para revestimento externo de fachada de edifícios**. São Paulo, EPUSP, 1989, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – CPGECC/ Escola Politécnica da USP.

SHIRAKAMA, M. A. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. **Anais I simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas**. Goiânia: UFGO, 1995.

SITTER, W. R. Costs for service life optimization. The “law of fives”. **Durability of concrete structures. Precedings of the international workshop held in Copenhagen, on 18-20 May 1993**. Copenhagen, 1984.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo, Ed. PINI, 1992.

TRISTÃO, F. A et. al. Caracterização das argamassas intermediárias do Estado de Santa Catarina. **Anais V simpósio brasileiro de tecnologia em argamassas**. São Paulo: USP, 2003. p 265-276.

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

UEMOTO, K. **Projeto, execução e inspeção de pinturas**. São Paulo: O nome da Rosa, 2002.

UTKUT, B. Stress magnifications around openings of brick walls. In: **International symposium on housing problems**. Georgia, v. 2, maio 1976.

VENAUT, M. **Le traitement des sols a la chaux et au cement**. Paris: Autor, 1980.

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

WILIMZIG, M. Danos causados por sais e microorganismos nas edificações. **A recuperação de edificações históricas. IAB/MARGS**. Porto Alegre, 2003.

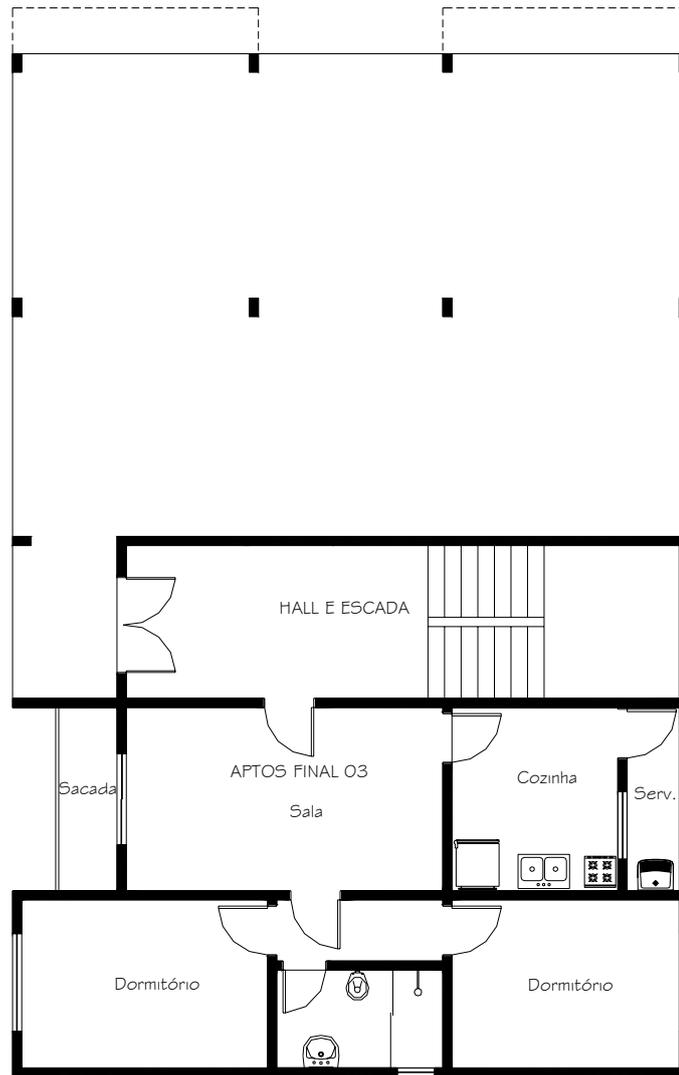
WRIGHT, I. C. The deterioration of paints films by algae and lichens. IN: **International biodeterioration symposium**. London, 1986. v.6, p. 637-643.

ANEXOS

ANEXO A1

Nordeste

Planta baixa do pavimento tipo do Ed. Trindade

ANEXO A2

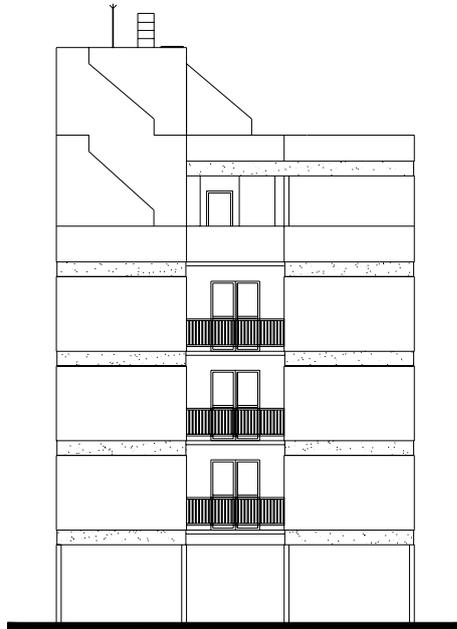
Nordeste

Planta baixa do pavimento térreo do Ed. Trindade

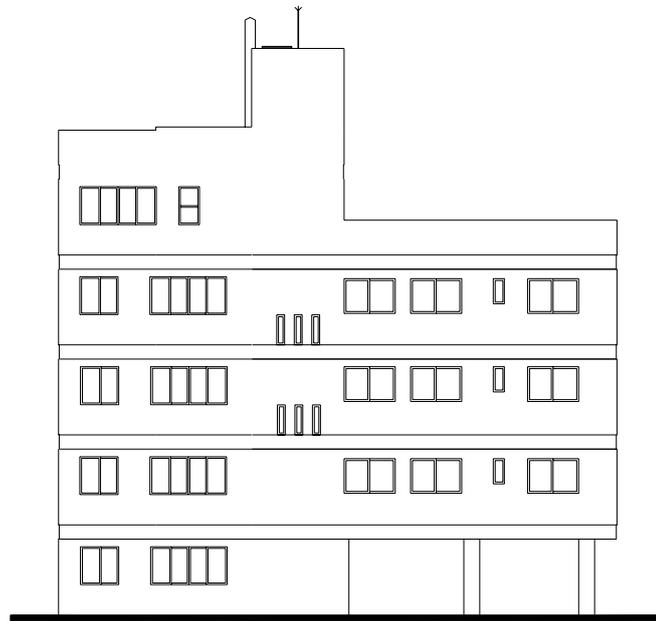
ANEXO A3

Nordeste

Planta de cobertura do Ed. Trindade

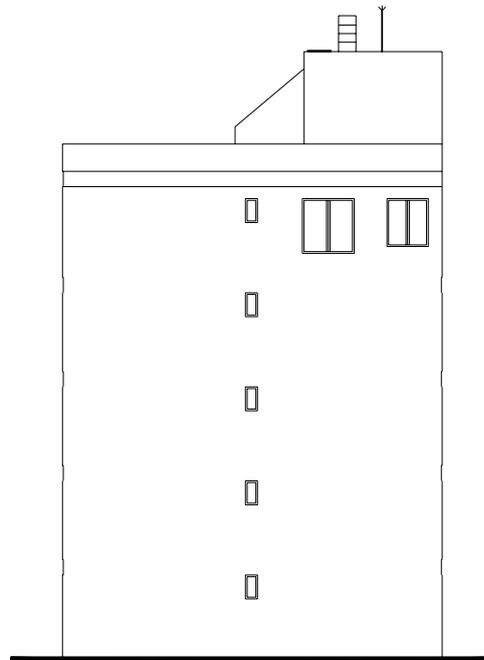
ANEXO A4**Fachada Sudeste do Ed. Trindade****ANEXO A5****Fachada Nordeste do Ed. Trindade**

ANEXO A6



Fachada Sudoeste do Ed. Trindade

ANEXO A7

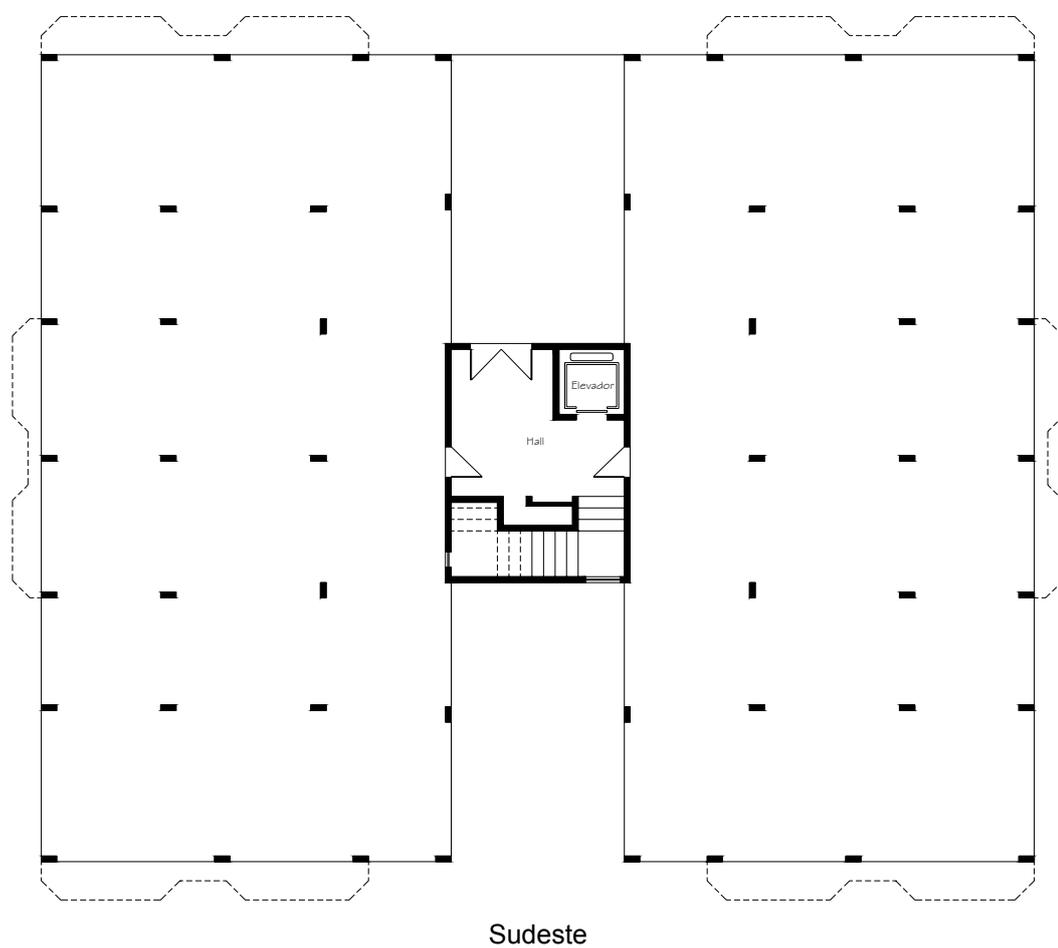


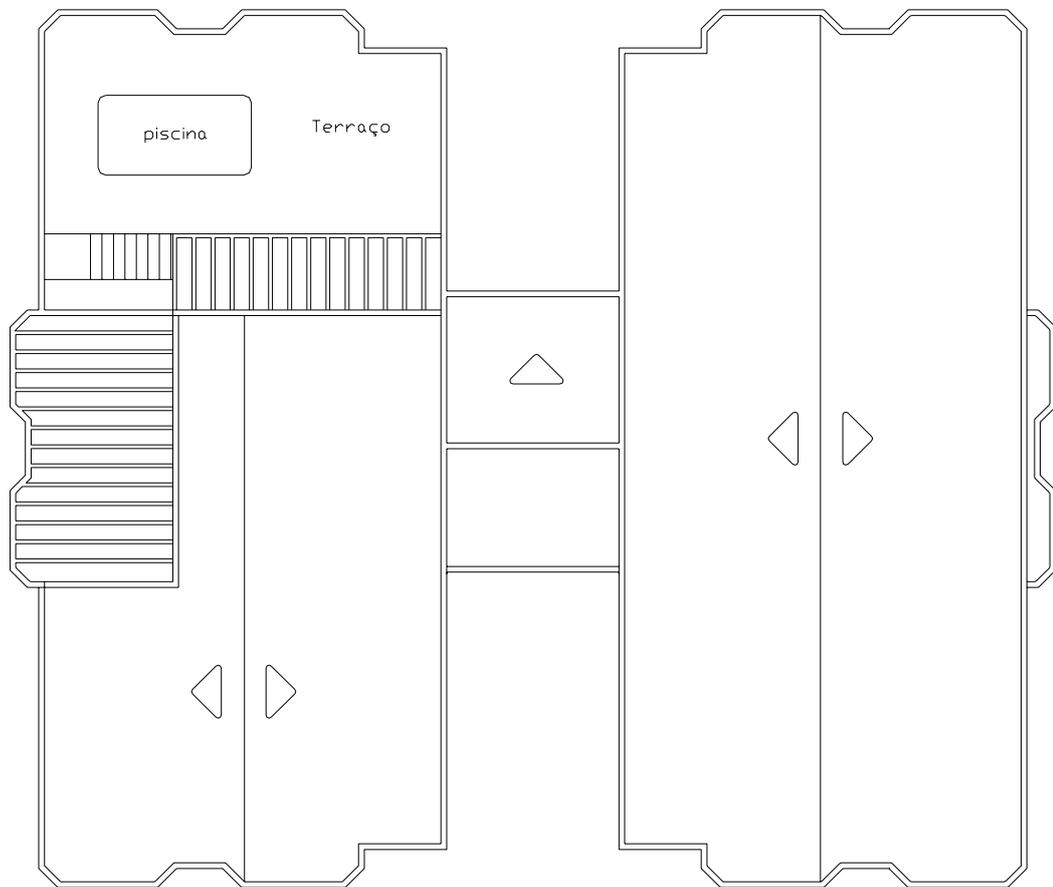
Fachada Sudoeste do Ed. Trindade

ANEXO B1

Sudeste

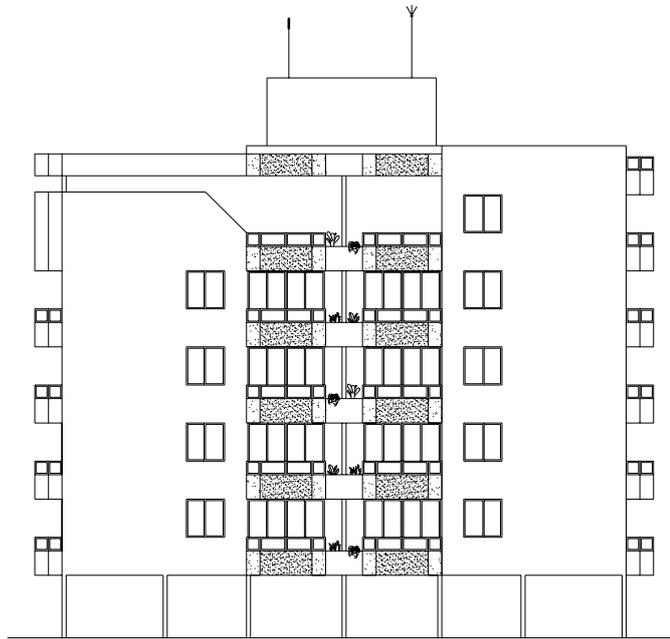
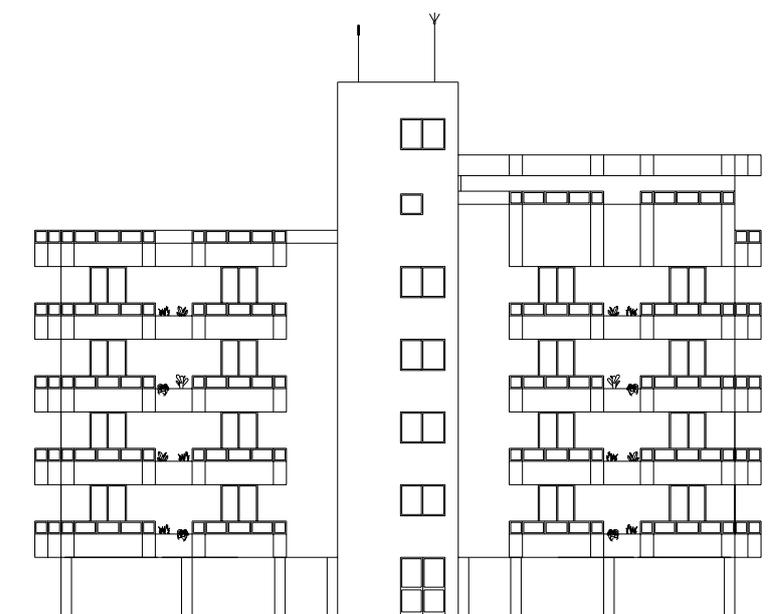
Planta baixa do pavimento tipo do Ed. Estreito

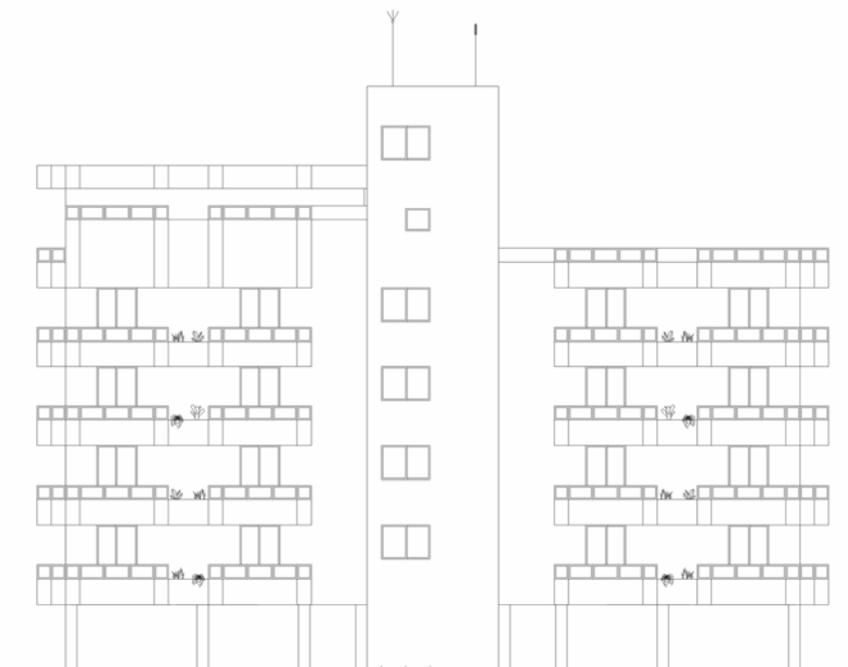
ANEXO B2**Planta baixa do pavimento térreo do Ed. Estreito**

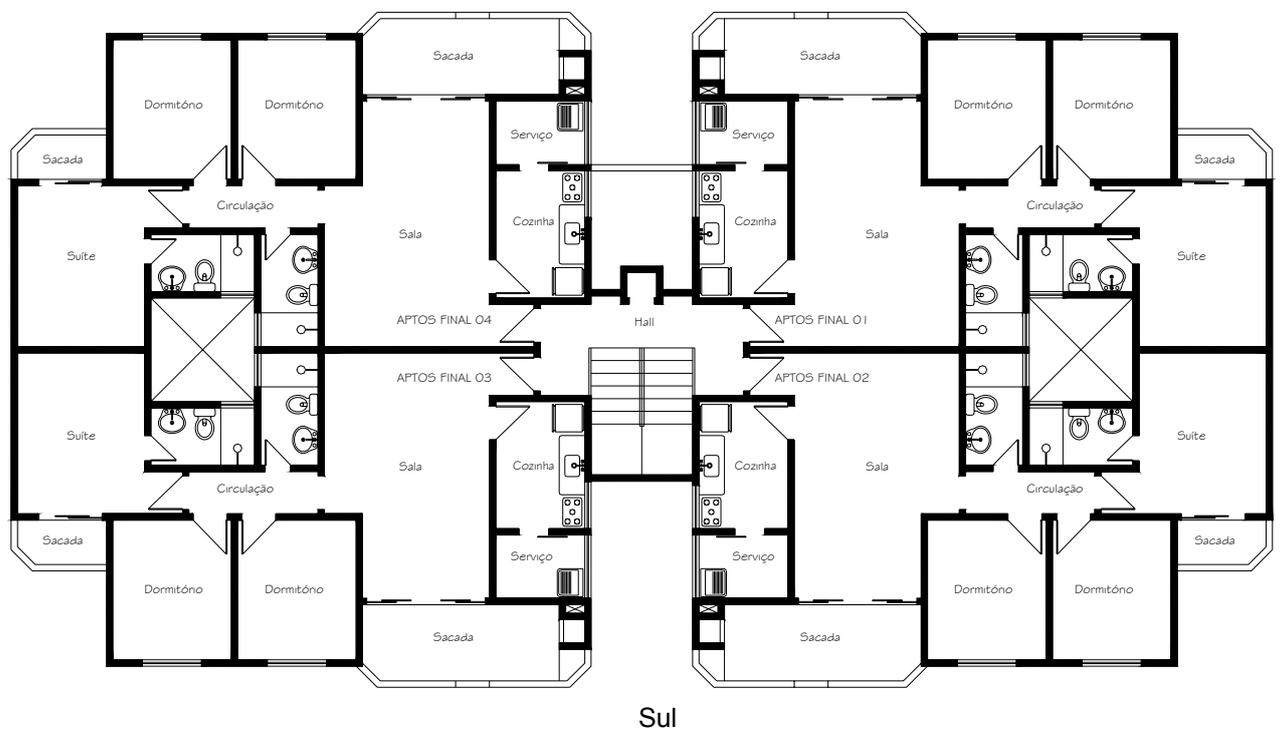
ANEXO B3

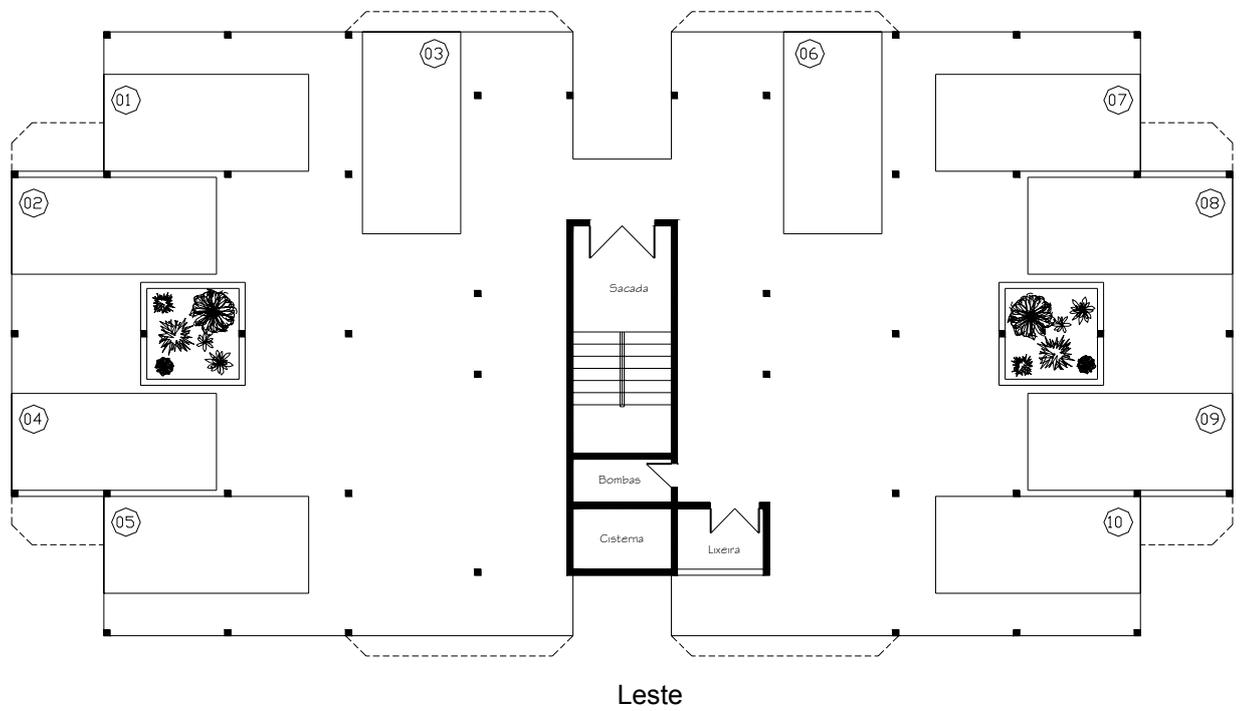
Sudeste

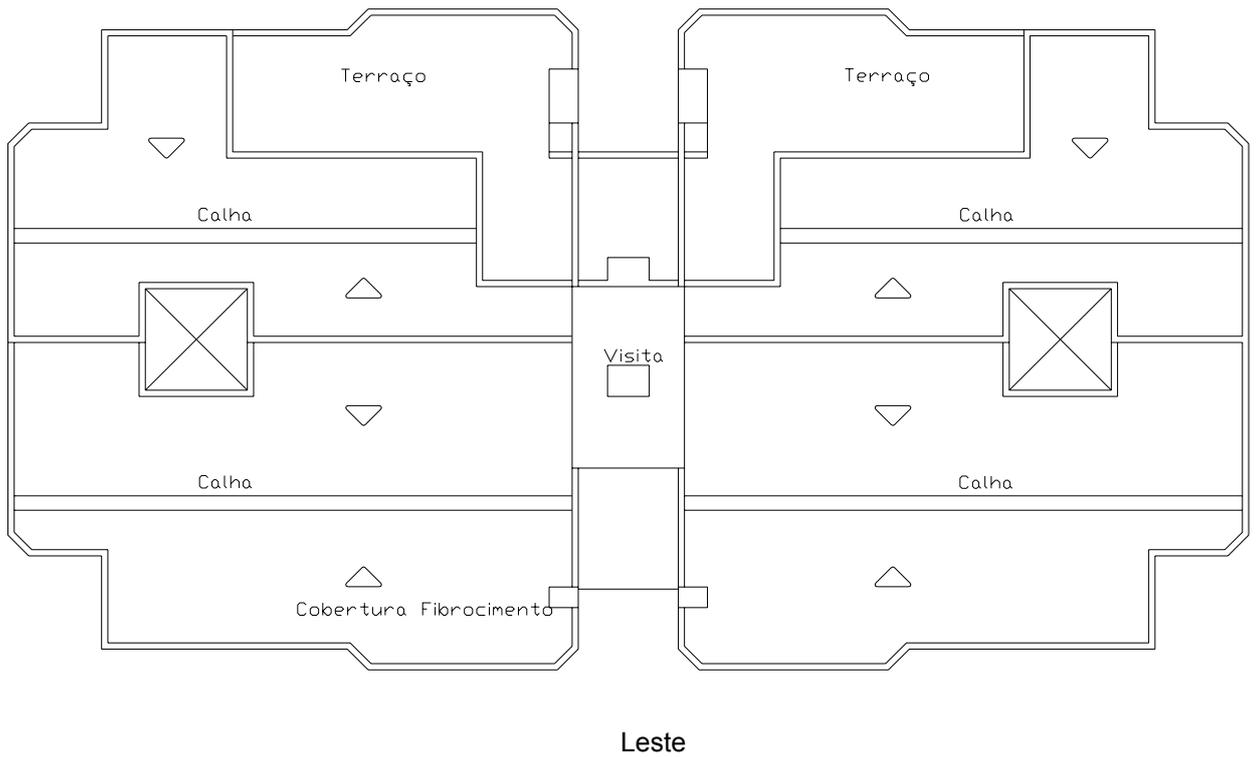
Planta de cobertura do Ed. Estreito

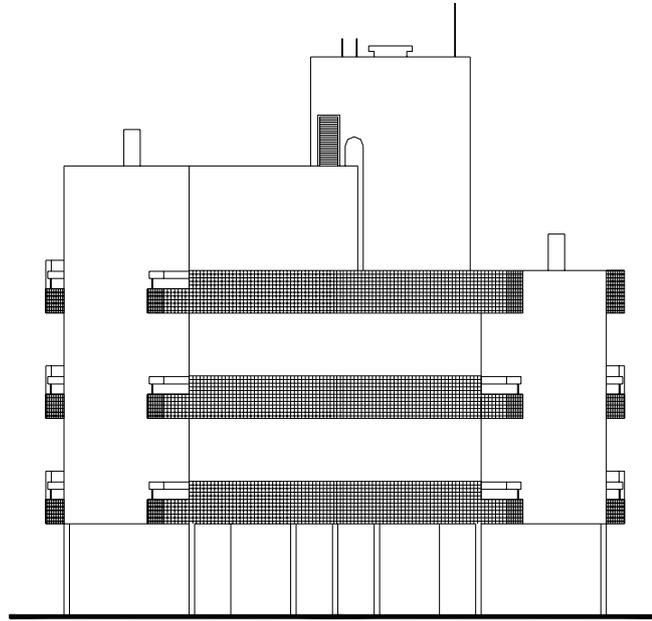
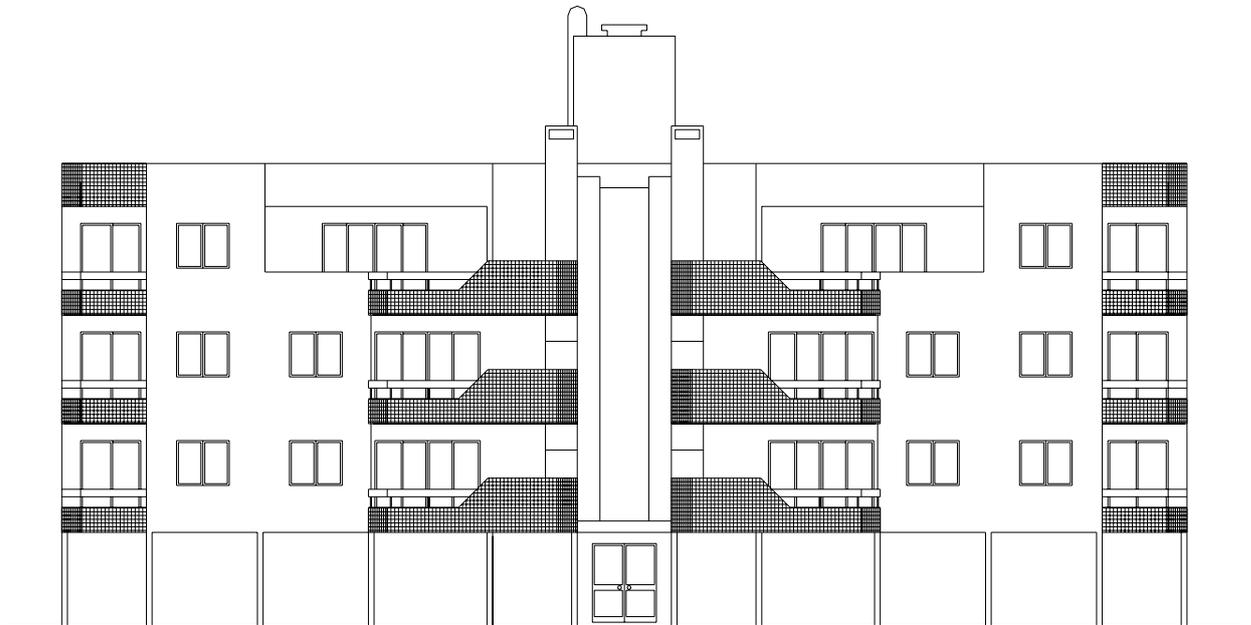
ANEXO B4**Fachada Sudeste do Ed. Estreito****ANEXO B5****Fachada Noroeste do Ed. Estreito**

ANEXO B6**Fachada Nordeste do Ed. Estreito****ANEXO B7****Fachada Sudeste Ed. Estreito**

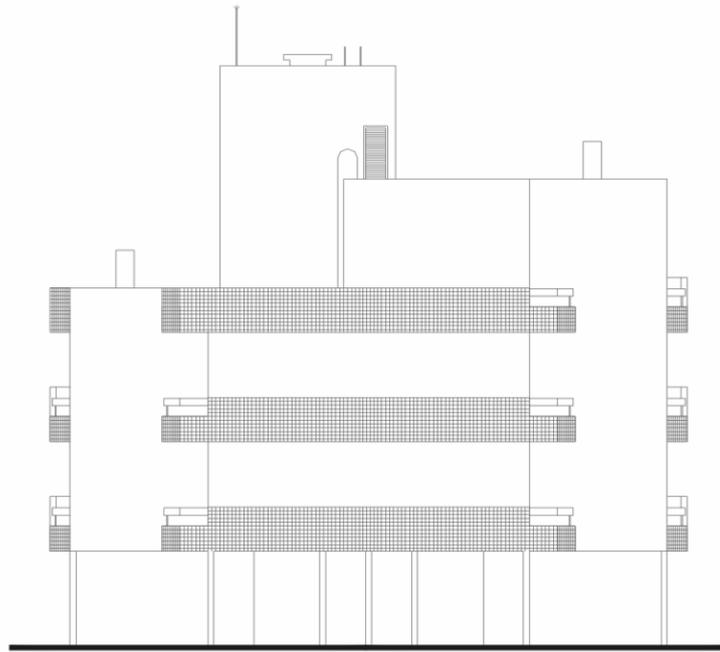
ANEXO C1**Planta baixa do pavimento tipo do Ed. Ingleses**

ANEXO C2**Planta baixa do pavimento térreo do Ed. Ingleses**

ANEXO C3**Planta de cobertura do Ed. Ingleses**

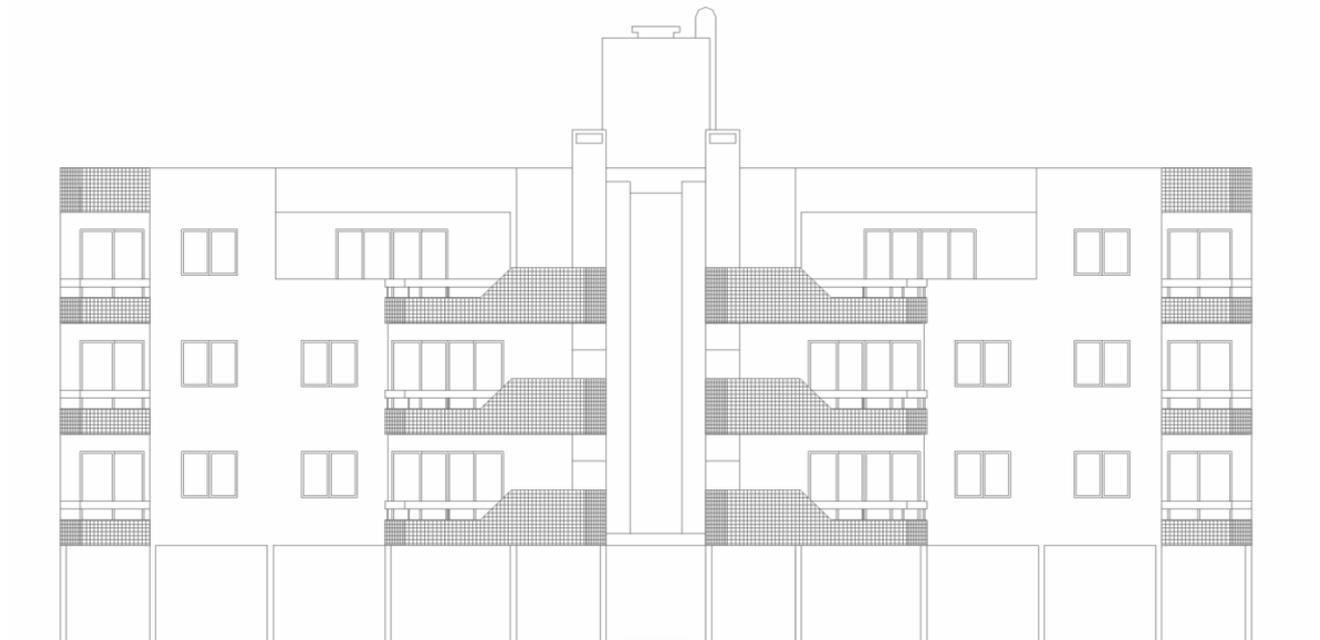
ANEXO C4**Fachada Oeste do Ed. Ingleses****ANEXO C5****Fachada Norte do Ed. Ingleses**

ANEXO C6



Fachada Leste do Ed. Ingleses

ANEXO C7



Fachada Sul do Ed. Ingleses