

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS  
CERÂMICOS DE FACHADA EM TRÊS ESTUDOS DE CASO  
NA CIDADE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ**

**Marcos de Almeida Luz**

**Florianópolis - SC, 2004**

**MARCOS DE ALMEIDA LUZ**

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS  
CERÂMICOS DE FACHADA EM TRÊS ESTUDOS DE CASO  
NA CIDADE DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-  
graduação em Arquitetura e Urbanismo da  
Universidade Federal de Santa Catarina para a  
obtenção do título de Mestre em Arquitetura.**

Área de concentração: Tecnologia do Ambiente  
Construído - Sistemas Construtivos

Orientador: Prof. Dr. Fernando Barth

**Florianópolis  
2004**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

Dissertação defendida e aprovada em 27/09/2004, pela comissão examinadora.

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sonia Afonso – Coordenadora do POSARQ

---

Prof. Dr. Fernando Barth – Orientador

---

Prof. Dr. Hélio Adão Greven

---

Prof. Dr. Wilson Jesus da Cunha Silveira

---

Prof. Dr. Edmilson Campante

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador **Prof. Dr. Fernando Barth** por todo o auxílio e conhecimento transferido e pelo exemplo de dedicação à pesquisa para criar e desenvolver as técnicas de projetos e execução de sistemas construtivos.

Às coordenadoras do Curso de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, **Sonia Afonso e Carolina Szucs**, por acreditarem na evolução deste trabalho.

Aos Professores do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e Departamento da Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina **Sergio Nappi, Humberto Roman, Denise Silva , Wilson Jesus da Cunha Silveira** pelo apoio e colaboração profissional ao longo de todo este trabalho.

À empresa **PORTOBELLO SA** pela confiança e estímulo ao desenvolvimento profissional.

Aos profissionais estudiosos da área de revestimentos cerâmicos **Edmilson Campante e Jonas Medeiros** pelo exemplo de dedicação à pesquisa e aplicação das práticas construtivas para o melhoramento das edificações e pela valiosa troca de experiências.

Aos engenheiros, proprietários e profissionais envolvidos na execução dos edifícios estudados.

A toda a família de minha esposa, em especial a seus pais **José Mathias Deschamps** e **Maria Madalena Deschamps** por todo carinho e apoio.

A toda minha família, em especial aos meus avós **Altamir Maia de Almeida** e **Léa Almeida** e tios **Evandro Almeida** e **Maria Areas** pelo carinho, amizade e apoio ao longo deste trabalho e em todas as etapas da vida.

A todos os amigos, em especial a **Eduardo Barouki** e **Francine Lara**, pelo apoio e amizade sincera em todos os momentos ao longo destes anos.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho pudesse ser concluído com êxito:

**MEU MUITO OBRIGADO!**

Dedico este trabalho à minha  
estimada esposa **Carmen**, razão maior  
do meu esforço e motivação.

À ela meu muito obrigado pela dedicação,  
carinho, apoio e compreensão em todos  
estes anos, sem os quais este trabalho  
não teria sido concluído com tanto êxito

Ao meu pai **Julio César** (in memorian)  
pela educação, carinho e exemplos valiosos de vida  
e à minha mãe **Ana Maria** pela  
dedicação e preocupação com seus filhos

## **SUMÁRIO**

*LISTA DE FIGURAS, I*  
*LISTA DE TABELAS, III*  
*GLOSSÁRIO, IV*  
*RESUMO, VI*  
*ABSTRACT, .VII*

### **CAPÍTULO 1**

#### **INTRODUÇÃO**

1.1 Justificativa, **1**  
1.2 Formulação da dissertação e dos objetivos do trabalho, **4**  
    1.2.1 Hipótese, **5**  
    1.2.2 Objetivo Geral, **5**  
    1.2.3 Objetivos específicos, **5**  
1.3 Metodologia, **6**  
1.4 Estrutura organizacional do trabalho, **7**

### **CAPÍTULO 2**

#### **CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA REVESTIMENTO**

##### **CERÂMICO DE FACHADA**

2.1 Sistema de revestimento cerâmico de fachada (SRCF), **9**  
2.2 Placa cerâmica para revestimento, **12**  
2.3 Argamassas adesivas, **16**  
    2.3.1 Tempo em aberto, **20**  
2.4 Argamassas de rejuntamento, **21**  
2.5 Juntas, **23**  
2.6 Critérios para escolha do sistema de revestimento cerâmico de fachada, **28**  
2.7 Movimentos das fachadas com revestimento cerâmico, **30**  
2.8 Requisitos do sistema de revestimento cerâmico de fachada, **32**

2.9 Agentes de degradação, **39**

2.10 Procedimentos de execução dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas com argamassas adesivas, **42**

2.11 Novas tecnologias, **50**

### **CAPÍTULO 3**

#### ***PROJETOS EXECUTIVOS DE SISTEMAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS***

3.1 Influência do projeto de SRCF no desempenho do sistema, **53**

3.2 Diretrizes básicas do projeto executivo de SRCF, **53**

### **CAPÍTULO 4**

#### ***MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS***

4. Manifestações patológicas em SRCF, **57**

4.1 Destacamento de placas cerâmicas, **59**

4.2 Eflorescência, **65**

4.3 Trincas e fissuras, **68**

### **CAPÍTULO 5**

#### ***ANÁLISE DOS ESTUDOS DE CASO***

5 Análise dos estudos de caso, **72**

5.1 Coleta das informações, **72**

5.2 Condições climáticas da região, **74**

### 5.3 Edifício A, **76**

- 5.3.1 Dados de identificação, **76**
- 5.3.2 Documentação, **77**
- 5.3.3 Localização e clima, **77**
- 5.3.4 Características do projeto, **78**
- 5.3.5 Paginação das fachadas, **80**
- 5.3.6 Padrões de materiais e cores, **80**
- 5.3.7 Detalhes arquitetônicos, **81**
- 5.3.8 Placas cerâmicas, **84**
- 5.3.9 Argamassas adesivas, **84**
- 5.3.10 Argamassas de chapisco e emboço, **85**
- 5.3.11 Argamassas de rejuntamento, **85**
- 5.3.12 Telas, **85**
- 5.3.13 Estrutura, **85**
- 5.3.14 Vedações, **86**
- 5.3.15 Mão de obra, **86**
- 5.3.16 Juntas de assentamento, **86**
- 5.3.17 Juntas de movimentação, **86**
- 5.3.18 Aberturas, **87**
- 5.3.19 Procedimentos de execução, **87**
- 5.3.20 Ensaio dos materiais, **88**
- 5.3.21 Manutenção pós-obra, **88**
- 5.3.22 Riscos aos usuários, **89**
- 5.3.23 Dados complementares, **89**
- 5.3.24 Manifestações patológicas observadas, **89**
- 5.3.25 Análise, **92**

### 5.4 Edifício B, **96**

- 5.4.1 Dados de identificação, **96**
- 5.4.2 Documentação, **97**
- 5.4.3 Localização e clima, **97**
- 5.4.4 Características do projeto, **98**
- 5.4.5 Paginação das fachadas, **100**
- 5.4.6 Padrões de materiais e cores, **100**

- 5.4.7 Detalhes arquitetônicos, **101**
- 5.4.8 Placas cerâmicas, **104**
- 5.4.9 Argamassas adesivas, **104**
- 5.4.10 Argamassas de chapisco e emboço, **105**
- 5.4.11 Argamassas de rejuntamento, **105**
- 5.4.12 Telas, **105**
- 5.4.13 Estrutura, **105**
- 5.4.14 Vedações, **106**
- 5.4.15 Mão de obra, **106**
- 5.4.16 Juntas de assentamento, **106**
- 5.4.17 Juntas de Movimentação, **106**
- 5.4.18 Aberturas, **107**
- 5.4.19 Procedimentos de execução, **107**
- 5.4.20 Ensaio dos materiais, **108**
- 5.4.21 Manutenção pós obra, **108**
- 5.4.22 Riscos aos usuários, **108**
- 5.4.23 Dados complementares, **109**
- 5.4.24 Manifestações patológicas observadas, **109**
- 5.4.25 Análise, **111**
- 5.5 Edifício C, **115**
  - 5.5.1 Dados de identificação, **115**
  - 5.5.2 Documentação, **116**
  - 5.5.3 Localização e clima, **116**
  - 5.5.4 Características do projeto, **117**
  - 5.5.5 Paginação das fachadas, **119**
  - 5.5.6 Padrões de materiais e cores, **119**
  - 5.5.7 Detalhes arquitetônicos, **120**
  - 5.5.8 Placas cerâmicas, **122**
  - 5.5.9 Argamassas adesivas, **123**
  - 5.5.10 Argamassas de chapisco e emboço, **123**
  - 5.5.11 Argamassas de rejuntamento, **123**
  - 5.5.12 Telas, **123**
  - 5.5.13 Estrutura, **124**

- 5.5.14 Vedações, **124**
- 5.5.15 Mão de obra, **124**
- 5.5.16 Juntas de assentamento, **124**
- 5.5.17 Juntas de movimentação, **125**
- 5.5.18 Aberturas, **125**
- 5.5.19 Procedimentos de execução, **125**
- 5.5.20 Ensaio dos materiais, **125**
- 5.5.21 Manutenção pós-obra, **126**
- 5.5.22 Riscos aos usuários, **126**
- 5.5.23 Dados complementares, **126**
- 5.5.24 Manifestações patológicas observadas, **126**
- 5.5.25 Análise, **128**

## **CAPÍTULO 6**

### ***CONSIDERAÇÕES FINAIS***

- 6 Consideração finais, **132**
- 6.1 Conclusão geral, **133**
- 6.2 Conclusões específicas quanto ao projeto de SRCF, **133**
- 6.3 Conclusões específicas quanto à execução dos SRCF, **136**
- 6.4 Conclusões específicas quanto aos materiais, **138**
- 6.5 Conclusões específicas quanto ao desempenho do SRCF após a execução, **139**
- 6.6 Conclusões específicas quanto à segurança ao usuário, **140**
- 6.7 Conclusões específicas quanto à manutenção, **140**
- 6.8 Recomendações para o aumento da qualidade dos SRCF, **141**
- 6.9 Recomendações para elaboração de projetos e execução de SRCF, **142**
- 6.10 Recomendações para projetos arquitetônicos que envolvam SRCF, **144**
- 6.11 Recomendações para o desenvolvimento de futuro trabalhos, **145**

### **REFERÊNCIAS, 146**

## **LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1.1: Consumo mundial de placas cerâmicas em metros quadrados x 1000 (ANFACER, 2004), **2**
- Figura 2.1: Exemplo de junta de movimentação, **26**
- Figura 2.2: Exemplo de recipiente e haste para a preparação da argamassa adesiva, **46**
- Figura 2.3: Posicionamento inicial da aplicação da placa cerâmica e cordões de argamassa adesiva, **48**
- Figura 2.4: Preenchimento e verificação do tardo de placa cerâmica, **48**
- Figura 4.1: Edifícios com destacamento de placas cerâmicas em fachadas, **59**
- Figura 4.2: Destacamento de placas cerâmicas, **63**
- Figura 4.3: Destacamento de placas cerâmicas nos primeiros pavimentos, **64**
- Figura 4.4: Eflorescências em fachadas de edifícios, **65**
- Figura 4.5: Trinca em placa cerâmica de fachada, **68**
- Figura 5.1: Mapa de temperatura medial anual (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 1990), **74**
- Figura 5.2: Mapa de umidade relativa anual, **75**
- Figura 5.3: Vista do edifício, **76**
- Figura 5.4: Situação do edifício, **77**
- Figura 5.5: Desenho da fachada frontal (sudoeste), **79**
- Figura 5.6: Platibanda da cobertura, **81**
- Figura 5.7: Peitoril das esquadrias, **82**
- Figura 5.8: Encontro entre fachadas adjacentes, **83**
- Figura 5.9: Detalhe do encontro das placas cerâmicas de diferentes cores, **83**

- Figura 5.10: Ausência de juntas de movimentação, **87**
- Figura 5.11: Destacamento de placas cerâmicas, **90**
- Figura 5.12: Manchas nos rejuntas, **91**
- Figura 5.13: Verso da placa destacada, **91**
- Figura 5.14: Vista do edifício, **96**
- Figura 5.15: Situação do edifício, **98**
- Figura 5.16: Platibanda de cobertura, **101**
- Figura 5.17: Peitoril das esquadrias, **102**
- Figura 5.18: Encontro entre placas cerâmicas de fachadas adjacentes, **103**
- Figura 5.19: Ausência de juntas de movimentação, **107**
- Figura 5.20: Destacamento de placas cerâmicas, **109**
- Figura 5.21: Verso das placas cerâmicas destacadas, **110**
- Figura 5.22: Vista do edifício, **115**
- Figura 5.23: Situação do edifício, **117**
- Figura 5.24: Platibanda superior, **121**
- Figura 5.25: Encontro entre placas cerâmicas de fachadas adjacentes, **121**
- Figura 5.26: Encontro de diferentes materiais, **122**
- Figura 5.27: Destacamento de placas cerâmicas, **127**

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 2.1: Classificação das argamassas adesivas segundo suas propriedades (adaptado da NBR ABNT, 1997), **18**

Tabela 2.2: Classificação dos agentes de deterioração (CAMPANTE, 2001), **40**

Tabela 2.3: Classificação dos agentes de deterioração e do mecanismo de degradação a eles associados (CAMPANTE, 2001), **41**

Tabela 5.1: Percentual das placas cerâmicas utilizadas nas fachadas segundo a cor, **81**

Tabela 5.2: Percentual das placas cerâmicas utilizadas nas fachadas segundo a cor, **101**

Tabela 5.3: Percentual das placas cerâmicas utilizadas nas fachadas segundo a cor, **120**

## **GLOSSÁRIO**

<b>ANFACER</b>	Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica.
<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
<b>ARGAMASSA</b>	Material de construção composto por cimento e areia.
<b>ARGAMASSAS</b>	Material de construção industrializado composto por cimento, areia e aditivos. Utilizado para fixação da placa cerâmica.
<b>ADESIVAS</b>	
<b>CAUSA</b>	Primeiro fator da ocorrência patológica. Ex: falta de argamassa no verso da placa cerâmica.
<b>CHAPISCO</b>	Tipo de revestimento de parede rústico, áspero, feito com argamassa, utilizado como base para o emboço
<b>EMBOÇO</b>	Revestimento de alvenarias executado com argamassa de areia, normalmente assentado sobre chapisco.
<b>ESMALTE</b>	Acabamento da placa cerâmica esmaltada.
<b>GRETAMENTO</b>	Um dos defeitos que pode ocorrer no esmalte da placa cerâmica. É caracterizada por fissuração na camada do esmalte.
<b>MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA</b>	Problemas observados em determinada edificação. Ex: placa cerâmica destacada.
<b>MURATURA</b>	Desenho do verso da placa cerâmica.
<b>MURATURA POLIORIENTADA</b>	Desenho do verso da placa cerâmica com reentrância em diversas orientações.
<b>ORIGEM</b>	Princípio ou fenômeno que desencadeia as causas que provocam as manifestações patológicas. Ex: mão de obra com falta de treinamento.
<b>FACHADA</b>	Parede mais externa da edificação. Divide os ambientes internos do exterior.
<b>PLACA CERÂMICA</b>	Material geralmente feito a partir de argila e outros minerais. Prensada e queimada a altas temperaturas. Utilizada para revestir pisos e paredes.

<b>PLATIBANDA</b>	Parede de alvenaria levantada acima do nível da cobertura de uma edificação. Geralmente limita a cobertura
<b>TARDOZ</b>	Verso da placa cerâmica. Face da placa cerâmica aplicada que fica em contato com a parede.
<b>TEMPO EM ABERTO</b>	Propriedade das argamassas adesivas
<b>VIGA</b>	Elemento estrutural de uma edificação.

## **RESUMO**

Ainda é grande o número de ocorrências de manifestações patológicas nos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas de edifícios. As causas e origens são diversas e é de extrema dificuldade apontar somente uma origem ou causa para estas ocorrências. Na maioria dos casos, uma combinação de causas e origens pode ser a responsável pelo surgimento da manifestação patológica.

Estas origens podem estar diretamente associadas à indefinições e deficiências do projeto arquitetônico e dos projetos de sistemas de revestimento cerâmico de fachada de edifícios.

Este trabalho desenvolve os conceitos do sistema de revestimento cerâmico e a aplicação em projeto, gerando subsídios como o conhecimento das técnicas, e recomendações para o projeto e execução destes sistemas de fachada.

A partir da definição destes conceitos e da avaliação dos estudos de caso, proposta neste trabalho, propõe-se recomendações para a elaboração do projeto, execução e manutenção do edifício visando a melhoria da qualidade dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas.

## ***ABSTRACT***

The number of pathological occurrences in ceramic tile building facades is still large. There are many origins and causes for this and it is extremely difficult to point out only one of each. In the majority of the cases, a combination of causes and origins can be responsible for the appearance of this pathological manifestation.

These origins can be directly associated with indefinities and deficiencies both in the civil engineering and ceramic tile projects of building facades.

This work develops the concepts of the ceramic tile facade system and its application in the project, generating subsíds such as the knowledge of new techniques and recommendations to the project and execution of these facade systems.

From the definition of these concepts and the evaluation of case studies as proposed in this work, recommendations are made for project elaboration, execution and maintenance of the building aiming at the quality enhancement of the ceramic tile system of facades.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Justificativa

O uso de placas cerâmicas para revestimento no Brasil está em ritmo acelerado de crescimento. O volume consumido no país no ano de 2001, de acordo com dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica – ANFACER (2004) atingiu a marca de 417 milhões de metros quadrados. No ano seguinte, 2002, o consumo interno brasileiro foi de 508 milhões de metros quadrados, demonstrando o potencial deste material e crescente aceitação da cadeia de consumidores dentre arquitetos, engenheiros, construtores e clientes usuários.

Este volume situou o Brasil na segunda posição no consumo mundial, perdendo somente para a China, que, em 2001, consumiu o equivalente a 1,6 bilhões de metros quadrados de placas cerâmicas, segundo ANFACER (2004); superando, desta forma, países economicamente fortes, como os EUA, e países tradicionais no uso destes revestimentos, como Espanha e Itália. Na figura 1.1, pode-se observar os volumes consumidos internamente nos cinco maiores consumidores mundiais.

Como produtor, o Brasil também ocupa lugar de destaque mundial. No ano de 2001, conforme dados da ANFACER (2004), o país produziu 473 milhões de metros quadrados de placas cerâmicas. Com este número, a produção brasileira ocupou a quarta posição em volume, ficando somente atrás da

China, com quantidade de 1,7 bilhões de metros quadrados, Itália e Espanha, que fabricaram, cada país, naquele ano, 638 milhões de metros quadrados de placas cerâmicas para revestimento.

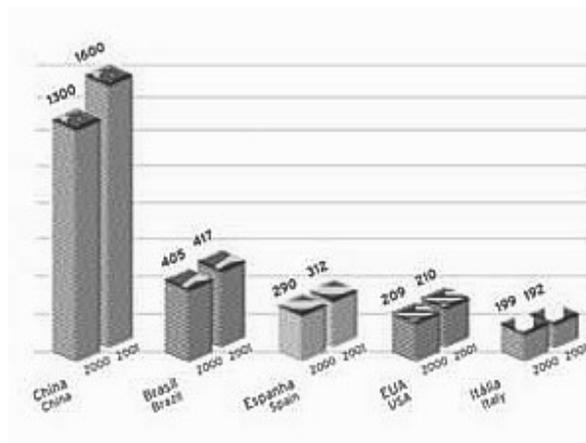


Figura 1.1: Consumo mundial de placas cerâmicas em metros quadrados x 1.000.000

A qualidade das placas cerâmicas produzidas no Brasil pode ser avaliada pelo volume que foi exportado no ano de 2001, segundo ANFACER (2004), equivalente a 59,9 milhões de metros quadrados. Este volume classificou o país, naquele ano, como terceiro maior exportador mundial. Itália e Espanha, respectivamente, ocuparam a primeira e segunda posição.

A boa qualidade das placas cerâmicas brasileiras, aliada a normalização brasileira em vigor desde 1997, custo relativamente acessível, evolução tecnológica do setor e maior preocupação com o aspecto estético do produto por parte dos fabricantes, resulta numa gama de possibilidades de uso para o produto.

Contudo, a situação mais evidenciada e, provavelmente, que exige mais atenção pelas conseqüências numa eventual falha, é a aplicação destas placas cerâmica em revestimentos de fachadas de edifícios.

Principalmente no litoral brasileiro, é grande a utilização de placas cerâmicas para o revestimento de fachadas de edifícios. Na região Nordeste do país, em geral, o uso é ainda maior. Segundo GOMES et al. (1997) cerca de 39% dos revestimentos externos observados em edifícios com mais de cinco pavimentos localizados na orla marítima de Maceió/AL são constituídos por placas cerâmicas, sem considerar os casos de edifícios que possuem, além das placas cerâmicas, outros tipos de revestimentos em suas fachadas.

Estes materiais possuem grande variedade de texturas, formatos e cores que podem proporcionar composições diversificadas, resultando em edifícios de alta qualidade e composição.

Depois de concluída a construção, considera JUST; FRANCO (2001), a camada mais externa de revestimento é a que permanece exposta, de modo a garantir seu desempenho funcional e compositivo.

Não há outro material, enfatiza PEIXOTO (1992), utilizado em fachadas que possa apresentar a riqueza de composições e durabilidade do revestimento cerâmico, com um custo tão acessível.

Apesar das vantagens no uso de placas cerâmicas para o revestimento de fachadas e a evolução tecnológica na fabricação, as manifestações patológicas não são raras em sistemas de revestimento cerâmico.

Principalmente os destacamentos de placas cerâmicas, que, na maioria dos casos, geram alto custo de recuperação, degradação do imóvel e riscos de acidentes, podem ser observados em várias situações. Mesmo com alguns estudos relativos ao tema, faz-se necessária a busca de mais dados e maior conhecimento de todos os profissionais envolvidos.

Neste grupo de profissionais, formados por engenheiros e assentadores, se encontram os arquitetos e projetistas. A maior parte deles ainda se limita, geralmente, às características compositivas da placa cerâmica e o resultado das cores e formas, sem a preocupação com o desempenho deste sistema de revestimento cerâmico e a possibilidade do uso de novas tecnologias e projetos que resultem em edificações confortáveis, seguras e, possivelmente, mais econômicas.

## **1.2 Formulação da dissertação e objetivos do trabalho**

Este trabalho parte do princípio que a grande incidência de manifestações patológicas em sistemas de revestimento cerâmico não está ligada a uma única causa.

Esta grande incidência está relacionada com falhas pontuais ou sistêmicas que abrange um conjunto de profissionais responsáveis pela proposta inicial do sistema até os resultados finais de assentamento da placa cerâmica e sua manutenção.

### **1.2.1 Hipótese**

A hipótese desta dissertação pode ser formulada como:

A tecnologia dos sistemas de revestimentos cerâmicos de fachada, que abrange desde o projeto, execução e a manutenção é requisito determinante à obtenção de fachadas seguras aos usuários, de qualidade compositiva e durabilidade compatível com a vida útil do edifício, contribuindo para a diminuição de ocorrências de manifestações patológicas.

### **1.2.2 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral a análise das manifestações patológicas nos sistemas de revestimentos cerâmicos de fachadas de três edifícios de múltiplos pavimentos situados em Balneário Camboriú.

### **1.2.3. Objetivos específicos**

- Classificar as manifestações patológicas relacionando-as com as falhas na execução dos revestimentos cerâmicos nas fachadas;

- Caracterizar os produtos utilizados e suas técnicas de aplicação;
- Analisar as causas e origens das manifestações patológicas relacionando-as com produtos cerâmicos e métodos de aplicação;
- Estabelecer correlação entre manifestações patológicas observadas e procedimentos de projeto e de especificação dos revestimentos cerâmicos nas fachadas dos edifícios;
- Elaborar as recomendações para aplicação dos revestimentos cerâmicos nas fachadas.

### **1.3 Metodologia**

A metodologia utilizada para desenvolver este trabalho pode ser definida como:

- Definição e conceituação dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas, incluído caracterização do sistema de revestimento cerâmico de fachadas, materiais, procedimentos de execução, agentes de degradação, requisitos de fachadas, projetos executivos, manifestações patológicas e novas tecnologias;
- Estudos de caso com levantamento de dados e entrevistas com envolvidos na construção do edifício;
- Análise e síntese comparativa das manifestações patológicas observadas e sua correlação com características de projeto, produtos e técnicas.

As limitações encontradas para o desenvolvimento deste trabalho foram as informações incompletas referentes aos procedimentos de execução dos edifícios estudados, a realização de testes de aderência e ensaio dos materiais.

O trabalho aborda as diferentes e principais manifestações patológicas que ocorrem em sistemas de revestimento de fachadas. Porém, o autor decidiu enfatizar o destacamento de placas cerâmicas. Esta manifestação patológica, acredita, é a mais considerada quando se trata de placas cerâmicas em fachadas.

#### **1.4 Estrutura organizacional do trabalho**

Este trabalho é estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo é constituído por esta introdução, com a justificativa do estudo, formulação da dissertação, objetivos e a estruturação organizacional do trabalho.

No capítulo 02, a partir da fundamentação teórica, é desenvolvido o conceito e caracterização do sistema de revestimento cerâmico de fachada. São abordados os materiais e elementos constituintes do sistema de revestimento cerâmico. Considera, também, critérios para escolha do sistema de revestimento cerâmico de fachada, agentes de degradação, requisitos e procedimentos de execução.

Como o trabalho prevê o maior envolvimento dos profissionais de elaboração de projetos, como arquitetos e projetistas na cadeia produtiva dos sistemas de revestimentos cerâmicos, o capítulo 03 conceitua o projeto executivo para estes sistemas, justificando sua importância e destacando etapas e detalhes para a sua elaboração.

O capítulo 04 aborda especificamente as manifestações patológicas em sistemas de revestimentos cerâmicos de fachadas, onde são enfatizados os descolamentos de placas cerâmicas. Neste capítulo é tratado o conceito de manifestação patológica e suas principais incidências, as prováveis causas e origens das manifestações patológicas nos sistemas de revestimento cerâmico de fachada.

O capítulo 05 apresenta as análises dos estudos de caso, com os respectivos dados. A análise do entorno da edificação, dos dados de projeto, dos materiais utilizados e das manifestações patológicas observadas.

Finalmente o capítulo 06 apresenta as considerações gerais do trabalho. Conclusões a partir das análises realizadas, relação de causas primárias e secundárias, origens das manifestações patológicas, recomendações e perspectivas para novos trabalhos são descritos neste capítulo.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADA**

### **2.1 Sistema de Revestimento Cerâmico de Fachada (SRCF)**

Sistema, como define AURELIO (1999), é o conjunto de elementos ou materiais entre os quais se possa encontrar ou definir relação. Apesar de alguns autores definirem como subsistema ou simplesmente revestimento cerâmico, nesta dissertação será utilizada a nomenclatura de *sistema de revestimento cerâmico*. O autor considera esta nomenclatura mais adequada à complexidade e abrange melhor a idéia de consolidar o revestimento cerâmico como um conjunto de elementos.

O sistema de revestimento cerâmico de fachada pode ser considerado um dos mais diversos da edificação, por ser constituído por diferentes camadas e vários tipos de materiais. Envolve não só as placas cerâmicas, argamassas adesivas e argamassas de rejunte, mas os substratos de apoio (emboço e chapisco); e a base onde este conjunto de camadas esta aderido (alvenaria ou estrutura). Somam-se a isto as juntas de assentamento, juntas de movimentação e telas metálicas.

É um dos sistemas da edificação que está mais exposto às ações externas, como movimentação estrutural, variação térmica, umidade e agentes de degradação. Estes fatores podem provocar a ocorrência de manifestações patológicas neste sistema.

A NBR 13816 - Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia (ABNT, 1997) define revestimento cerâmico como sendo o conjunto formado pelas placas cerâmicas, pela argamassa de assentamento e pelo rejunte. Apresenta uma disparidade com a NBR 13755 (ABNT, 1996) que define revestimento cerâmico como o conjunto de camadas superpostas e intimamente ligadas, constituído pela estrutura-suporte, alvenarias, camadas sucessivas de argamassas e revestimento final, cuja função é proteger a edificação da ação da chuva, umidade, agentes atmosféricos, desgaste mecânico oriundo da ação conjunta do vento e partículas sólidas, bem como dar acabamento estético.

O revestimento cerâmico de fachada de edifícios utilizando a técnica de revestimento aderido foi definido por MEDEIROS; SABBATINI (1998) como o conjunto monolítico de camadas, inclusive emboço de substrato, aderidas à base suportante da fachada do edifício seja alvenaria ou estrutura, cuja capa exterior é constituída de placas cerâmicas, assentadas e rejuntadas com argamassas ou material adesivo.

Esta definição pode ser complementada com as juntas de movimentação ou dilatação, juntas de assentamento e telas metálicas de acordo com descrição em projeto específico de sistemas de revestimento cerâmico. O sistema de revestimento cerâmico ainda pode incluir as regras práticas para o correto uso de materiais e mão de obra.

O sistema de revestimento cerâmico de fachada pode ser diferenciado de acordo com a técnica utilizada para a aplicação das placas cerâmicas. As técnicas mais utilizadas são com argamassas adesivas industrializadas ou aplicação das placas cerâmicas diretamente no emboço úmido. De uma ou outra forma, a placa cerâmica, como principal elemento constituinte que caracteriza este sistema, fica aderida à base. Por este motivo e nesta condição estes revestimentos podem ser denominados aderidos.

Existem sistemas de revestimento cerâmico onde não há aderência entre as camadas e as placas cerâmicas são fixadas por meio de dispositivos especiais, formando outras camadas, que podem ser de ar ou de material isolante térmico, acústico ou de impermeabilização. Nestes casos o sistema pode ser denominado com revestimentos não aderidos. Este trabalho, apesar de fazer referência ao sistema com revestimento não aderido no item específico de novas tecnologias, aborda o sistema de revestimento cerâmico tradicional e mais utilizado no país: o aderido.

Para melhor compreensão do sistema de revestimento cerâmico é necessário identificar e caracterizar cada elemento, incluindo o conhecimento e importância das juntas de movimentação ou de dilatação, juntas de assentamento e telas metálicas. Noções sobre os agentes de degradação, critérios para a escolha e função do sistema, movimentos da fachada e procedimentos de execução são fundamentais para a correta elaboração e execução dos sistemas de revestimento cerâmico de fachada.

## 2.2 Placa cerâmica para revestimento

A NBR 13816 – Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia (ABNT, 1997) define placa cerâmica como sendo material composto de argila e outras matérias-primas inorgânicas, geralmente utilizadas para revestir pisos e paredes.

Em um conceito mais prático, MEDEIROS (1999) define placa cerâmica como componente cujas dimensões de largura e altura predominam sobre uma terceira que é a espessura, produzida a partir de matérias-primas inorgânicas, conformadas através de extrusão ou prensagem, sinterizadas por meio de processo térmico e utilizadas como componente principal da camada mais externa de revestimento de pisos e paredes.

A placa cerâmica para revestimento pode ser considerada o principal elemento que compõe o sistema de revestimento cerâmico. Localiza-se na parte mais externa e define a arquitetura do edifício. A correta descrição da placa cerâmica auxilia o sistema de revestimento cerâmico a obter um melhor desempenho durante sua vida útil.

A placa cerâmica é responsável pelo aspecto visual final do edifício. As diferentes opções de cores e suas tonalidades, formatos e texturas vão influenciar na característica visual e comportamental da edificação.

Independente da proposta arquitetônica da obra, a escolha por determinada placa cerâmica, pode gerar um resultado acima do esperado como prejudicar o aspecto compositivo do edifício.

A primeira impressão causada pelos edifícios nas pessoas consiste, segundo AMBROSE (1992) no que é visto pelo seu exterior. CAPOZZI (1996) enfatiza que a fachada é a maior forma de expressão da obra e pode-se tornar diferencial de mercado na venda do imóvel, uma vez que o usuário potencial, cercado por tantas opções, acaba decidindo por aquele que mais se aproxime das suas expectativas e seus sonhos.

Geralmente mais ligadas à estética, as placas cerâmicas sempre foram tratadas como elementos para revestir as edificações. Porém, com os estudos aprofundados, percebe-se que ela é um dos elementos que compõem o sistema. A visão de placa cerâmica como elemento deste sistema, e não como elemento independente, pode despertar a criatividade e racionalidade dos projetos e execução.

Atualmente as placas cerâmicas são oferecidas com uma grande gama de cores e tonalidades, formatos e texturas, possibilitando composições arquitetônicas ricas. Apesar da grande variação, não é definido, por norma, os tamanhos nominais das placas cerâmicas e cada empresa do setor produz peças com dimensões diferentes. Esta diferença prejudica os projetistas e construtores na racionalização e produtividade dos sistemas de revestimentos cerâmicos.

De acordo com a NBR 13817 – Placas cerâmicas para revestimento – Classificação (ABNT, 1997), as placas cerâmicas para revestimento podem ser classificadas segundo os seguintes critérios:

- Esmaltadas e não esmaltadas;
- Métodos de fabricação (prensado, extrudado ou outros);
- Grupos de absorção de água;
- Classes de resistência a abrasão superficial, em número de 5;
- Classes de resistência ao manchamento, em número de 5;
- Classes de resistência ao ataque de agentes químicos, segundo diferentes níveis de concentração;
- Aspecto superficial ou análise visual.

Dos critérios citados, o grupo de absorção de água é o mais relevante para o uso em fachadas de edifícios. Para MEDEIROS (1999), a absorção de água total das placas cerâmicas deve ser baixa para limitar as movimentações higroscópicas a que a placa cerâmica de uso externo está sujeita. A NBR 13818 (ABNT, 1997) não estabelece um limite específico para a absorção de água das placas cerâmicas, destinadas às fachadas. A ANFACER (2004) recomenda que a absorção de água de uma placa cerâmica para uso em fachadas não ultrapasse 6%.

Além dos critérios para classificação, as placas cerâmicas devem apresentar outras características, como descrito na NBR 13818 (ANBT, 1997): resistência ao gretamento, resistência ao choque térmico e resistência à flexão.

De acordo com a sua classificação, as placas cerâmicas podem ser utilizadas para fins específicos. Segundo a NBR 13818 – Placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaio (ABNT, 1997) as placas cerâmicas para revestimento de fachadas devem apresentar as seguintes características físicas:

- Expansão por umidade;
- Resistência ao congelamento (em áreas sujeitas à neve e geada).

A expansão por umidade, conforme descrito na NBR 13818, não é significativa na maioria das placas cerâmicas e não contribui para problemas nos revestimentos. Com práticas de fixação insatisfatórias ou em certas condições climáticas, expansão por umidade acima de 0,6% (0,6 mm/m) pode contribuir para alguma manifestação patológica.

As placas cerâmicas podem apresentar diferentes tipos de tardez. Tardez, segundo a NBR 13755 (ABNT, 1996) é a face da placa cerâmica que fica em contato com a argamassa de assentamento. Para MORAIS; RESENDE (2000) o tardez que oferece melhor aderência possui muratura poliorientada, mais conhecida como “espinha de peixe” ou “cauda de andorinha”. A muratura é o desenho do verso da peça que quando é poliorientada possui reentrância em diversas orientações.

Apesar de não ser definido por Norma, as placas cerâmicas podem interferir no desempenho do conforto térmico do sistema. Segundo FROTA; SCHIFFER (1995) a placa cerâmica apresenta uma condutibilidade térmica, em W/mk, em torno de 0,46. Este valor é inferior se comparado a outros materiais também utilizados como revestimentos externos. O concreto armado apresenta, por exemplo, valores médios de 1,75 W/mk e argamassas de cimento e cal, 1,05 W/mk.

As placas cerâmicas tendem a ser mais leves se comparadas com placas de pedras naturais, também utilizadas em fachadas. De acordo com REVESTIMENTO (1999) a média de peso de um metro quadrado da placa cerâmica é de 18 quilos. Este valor eleva para 43 quilos para as pedras naturais.

Pela durabilidade, impermeabilidade, peso, limpabilidade, garantia do produto pelo fabricante, as placas cerâmicas podem apresentar vantagens sobre outros materiais de revestimento de fachadas.

### **2.3 Argamassas adesivas**

A função das argamassas adesivas é fixar as placas cerâmicas ao substrato. Atualmente, as empresa construtoras estão optando pela tecnologia de aplicação de placas cerâmicas com uso de argamassas adesivas.

A principal vantagem, segundo MEDEIROS (1999), reside basicamente no uso de camada fina de assentamento, permitindo a racionalização da execução e redução de custos.

Além de simplificar a técnica de colocação das placas cerâmicas, dissociando os serviços de regularização do serviço de acabamento superficial, o uso adequado da argamassa adesiva proporciona as seguintes vantagens:

- Maior produtividade na aplicação
- Manutenção das características dos materiais
- Maior uniformização do serviço
- Facilidade de controle
- Menor consumo de material
- Maior possibilidade de adequação às necessidades de projeto
- Grande potencial de aderência

Nos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas, a NBR 14081 (ABNT, 1998) recomenda, no mínimo, o uso de argamassas adesivas tipo AC-II. Para a NBR 14081 (ABNT 1998), as argamassas adesivas são classificadas em quatro tipos, dependendo da resistência de aderência e tempo em aberto, como pode ser observado na tabela 2.1.

As argamassas adesivas para aplicação de placas cerâmicas em fachadas devem apresentar capacidade de aderência, resistência a excessivas deformações da base de apoio e flexibilidade.

As tensões de tração e cisalhamento, segundo BUCHER; NAKAKURA (1999) são extremamente elevadas na camada da argamassa adesiva. Recomendam que as placas cerâmicas para paredes externas devem ser assentadas com argamassas adesivas específicas.

Tabela 2.1: Classificação das argamassas segundo suas propriedades

Propriedade	Método de ensaio	Unidade	Argamassa adesiva industrializada			
			I	II	III	III-E
Tempo em aberto	NBR 14083	Min	≥ 15	≥ 20	≥ 20	≥ 30
Resistência a aderência a 28 dias	NBR 14084	MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0	≥ 1,0
- Cura normal						
- Cura submersa em água						
cura em estufa		MPa	-	≥ 0,5	≥ 1,0	≥ 1,0
Deslizamento	NBR 14085	Mm	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5

É evidente a evolução das argamassas adesivas e a tendência da substituição com vantagem sobre as argamassas tradicionais como enfatizam THURLER; FERREIRA (1995).

Mesmo com a evolução das argamassas adesivas, os arquitetos e construtores não se limitam a utilizar placas cerâmicas de pequenos formatos, com dimensões menores ou igual a 10 cm x 10 cm, e os edifícios possuem mais pavimentos, resultando em grandes alturas.

As placas cerâmicas de formatos maiores possuem maior peso e exige maior aderência das argamassas adesivas. Deve-se fazer o estudo de cada caso e avaliar a argamassa mais adequada, sendo mais exigente que a própria NBR-14081 (ABNT, 1998) e NBR 13755 (ABNT, 1996). Estas normas se aplicam a revestimentos constituídos de placas cerâmicas com área máxima de 400 cm<sup>2</sup> (área de superfície), correspondente, por exemplo, a uma placa cerâmica de dimensão real de 20x20 cm.

Entretanto, como observado em visitas a diversas empresas, ainda existem construtoras que não utilizam as argamassas adesivas em suas obras, optando pelo método anteriormente utilizado, com fixação diretamente sobre o emboço úmido. Os engenheiros questionam o custo que representa esta mudança.

O custo global de serviços do sistema com argamassa adesiva, como consideram SABBATINI; BARROS (1990), é normalmente inferior ao custo dos métodos de assentamento tradicionais.

As argamassas adesivas possuem boa capacidade de retenção de água. Esta propriedade a diferencia das argamassas tradicionais e permite a aplicação em camada fina.

Comparado com as argamassas tradicionais, PÓVOAS; JOHN; CINCOTTO (2001) consideram baixa a perda de água por evaporação das argamassas adesivas. Segundo os autores, a perda de água por evaporação é determinante na diminuição da aderência entre a argamassa adesiva e a placa cerâmica. A perda de aderência está diretamente relacionada com o tempo em aberto das argamassas adesivas.

### **2.3.1 Tempo em aberto**

O tempo em aberto das argamassas adesivas, expresso em minutos, define o tempo que esta argamassa mantém suas propriedades de resistência a aderência mínima exigidas em projeto, após espalhada no substrato e antes da aplicação da placa cerâmica.

O tempo em aberto é um dos principais requisitos de desempenho e propriedade que as argamassas adesivas apresentam. MAS (1995) considera o tempo em aberto uma das principais características das argamassas adesivas para a aplicação de revestimentos cerâmicos.

A resistência de aderência das argamassas adesivas, de acordo com PÓVOAS, JOHN; CINCOTTO (1999) diminui com o tempo decorrido entre o seu espalhamento e o assentamento da placa cerâmica.

O tempo em aberto tem como influência a perda de água, tanto por sucção para a base, como por evaporação. A consequência destes fenômenos é a redução da resistência de aderência do sistema de revestimento cerâmico.

O tempo em aberto, conforme descrito na tabela 2, pode variar de acordo com as condições climáticas (temperatura, umidade do ar, vento incidente) no momento do espalhamento da argamassa adesiva. A quantidade de aditivos incorporados à argamassa adesiva também pode influenciar no tempo em aberto.

Devido a estas influências, recomenda-se que sejam realizados testes de aderência e obtenção de resultados práticos com o tempo em aberto de cada obra específica, independente do descrito nas embalagens dos produtos. Este tempo pode ser avaliado em obra na situação mais desfavorável de insolação e vento, sobre a superfície mais absorvente da fachada.

#### **2.4 Argamassas de rejuntamento**

As argamassas de rejuntamento têm papel fundamental no desempenho do sistema de revestimento cerâmico. Elas são responsáveis pelo preenchimento das juntas de assentamento e ajudam a impedir a infiltração de água.

As argamassas devem ser flexíveis e suportar as dilatações e retrações do sistema de revestimento cerâmico. A rigidez do rejunte, segundo LIMA; SICHIERI (1998) altera substancialmente as tensões de natureza térmica.

Com efeito da ação da temperatura, a utilização de rejunte com menor módulo de elasticidade, segundo SARAIVA; BAUER; BEZERRA (1999) produz um alívio de tensões de compressão nas camadas do sistema de revestimento. Este mesmo conceito foi enfatizado por PAES; CASAREK (2002) quando consideram que, em fachadas sujeitas a insolação, deve-se empregar argamassas de rejuntamento de baixo módulo de elasticidade.

Para JONES (1992), o material utilizado no rejuntamento das peças deve apresentar as seguintes características:

- possuir boa capacidade de preenchimento das juntas, de modo a não se retrair nem fissurar quando preencher as juntas entre as peças;
- no caso de material que contenha cimento, este deve reter água suficiente para a sua hidratação, de modo a garantir a resistência necessária;
- no caso de se utilizar rejuntas do tipo reativo, ou seja, os que utilizam como base resinas epoxídicas, deve-se garantir a sua impermeabilidade quando endurecidos e;
- alta capacidade de resistir a proliferação de microorganismos (fungos e bactérias).

WONG (1996) considera ainda como importante para os rejuntas, requisitos como: absorção de água, o coeficiente de expansão térmica, expansão por umidade, a retração na secagem e a resistência à flexão. Além destas, considera-se ainda como muito importante a sua capacidade de aderência e capacidade de absorver deformações.

As argamassas de rejuntamento industrializadas, pelo maior controle de produção, maior possibilidade de ensaios e relativos laudos técnicos, possivelmente com maior qualidade e garantias de fábrica, tendem a substituir as argamassas tradicionais feitas *in loco* para rejuntamento.

Com maior opção de cores, acabamentos e composição (tipologia), as argamassas industrializadas podem atender as exigências do arquiteto, projetista e engenheiros para se adaptarem a condição da obra, tipologia da placa cerâmica, ambiente (interno, externo, parede, piso, úmido) e largura das juntas.

## **2.5 Juntas**

As juntas são espaços para absorver as movimentações dos sistemas de revestimentos cerâmicos. Devem ser preenchidas com produtos flexíveis como rejuntamentos industriais ou elastômeros.

As juntas nas fachadas, segundo BARTH (2000), devem permitir os movimentos que ocorrem nos componentes dos edifícios devido a assentamento diferencial, retração, expansão e contração em função de variações de temperatura e umidade, cargas e ação de vento, entre outras.

As juntas podem ser classificadas como:

- de assentamento;
- de movimentação e dessolidarização (dilatação);
- estruturais.

As juntas de assentamento são os espaços entre placas cerâmicas e auxiliam na absorção dos esforços a que o painel está sujeito. Tem a função de oferecer relativo poder de acomodação às movimentações da base e placas cerâmicas.

Para PAES; CARASEK (2002), principalmente em fachadas ensolaradas, é imprescindível que sejam garantidas maiores espessuras de juntas de assentamento.

As juntas de assentamento possuem outras características como:

- Compensar a variação de dimensão das placas cerâmicas facilitando o alinhamento;
- Possibilitar a reposição de placas cerâmicas com maior facilidade;
- Atender a estética do conjunto.

Independente de considerar as demais normas e recomendações de assentamento na execução do sistema de revestimento cerâmico de fachada, a falta de juntas pode comprometer todo este sistema.

De acordo com MEDEIROS (1999), a ausência de juntas de dilatação é uma das causas mais encontradas em problemas de destacamento nos sistemas de revestimento cerâmico de fachada.

Para RODRIGUES (1997) a inexistência de juntas de movimentação é uma das causas mais comuns para o destacamento nos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas. Outros autores, como PROPSTER (1980) e CAMPANTE; SABBATINI (2000) também consideram que a ausência de juntas provoca este mesmo tipo de manifestação patológica.

As juntas estruturais devem ser especificadas no projeto estrutural e devem ser respeitadas no sistema de revestimento cerâmico de fachada e contínuas até a superfície da cerâmica sendo preenchidas e seladas com material específico, do tipo mastique ou silicone.

As juntas de movimentação e dessolidarização tem como função subdividir o revestimento da base para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou da própria placa cerâmica. Estas juntas também dividem a grande superfície da fachada que resulta em módulos menores. Abrange as camadas de emboço, argamassa adesiva e placa cerâmica. Devem ser preenchidas e seladas com material específico.

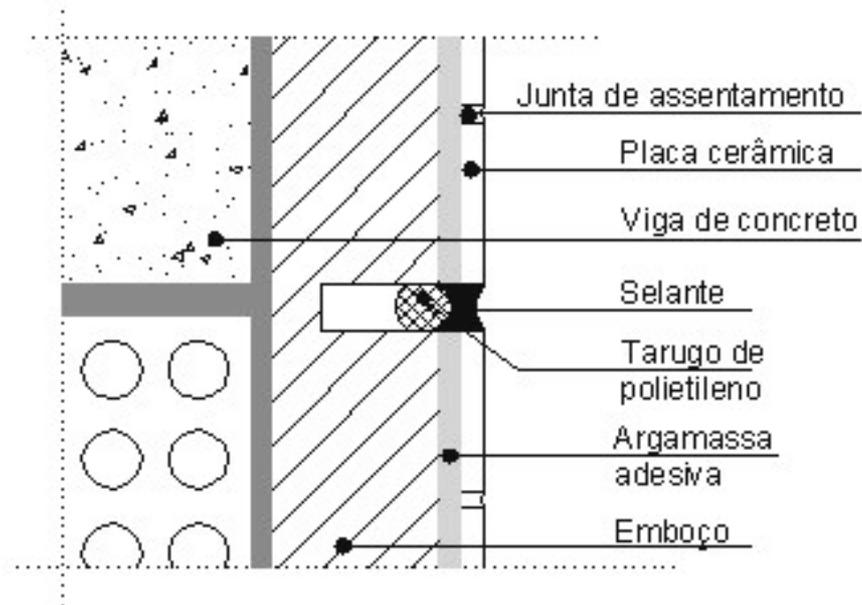


Figura 2.1: Exemplo de junta de movimentação

Para MEDEIROS; SABBATINI (1998) as juntas de movimentação verticais, além das horizontais, também são necessárias nos sistemas de revestimento cerâmicos de fachadas.

Para a definição das juntas de movimentação em projeto, MEDEIROS; SABBATINI (1998) consideram as situações extremas mais favorável e mais desfavorável da edificação.

Como mais favorável, os autores discriminam: placas cerâmicas de cores claras e brilhantes, fachadas protegidas do sol, placas cerâmicas com dimensão de aresta máxima inferior a 20 cm, estruturas rígidas, fachadas com aberturas grandes, argamassas e rejuntamentos flexíveis, alvenaria de contração mínima.

Como situação mais desfavorável, os autores consideram: placas de superfícies escuras e foscas; fachadas expostas ao sol; placas cerâmicas com arestas superiores a 20 cm; estruturas muito flexíveis, como de concreto armado; fachadas cerâmicas sem aberturas, argamassas adesivas e rejuntas tradicionais, alvenaria sujeita a contração de cura.

Estas considerações, somadas com a normalização, podem orientar a elaboração dos projetos de sistemas de revestimento cerâmico, aumentando a qualidade deste projeto e dando diretrizes para a obtenção da melhor proposta.

A NBR 13755 (ABNT, 1996) recomenda a execução de juntas da seguinte maneira:

- Juntas horizontais espaçadas, no máximo, a cada 3 metros ou a cada pé-direito, na região de encunhamento da alvenaria;
- Juntas verticais espaçadas, no máximo, a cada 6 metros;
- Juntas de dessolidarização nos cantos verticais, nas mudanças de direção do plano do revestimento, no encontro da área revestida com pisos e forros, colunas, vigas ou com outros tipos de revestimento, bem como onde houver mudança de materiais que compõem a estrutura-suporte de concreto para alvenaria.

Na maioria das vezes, definida durante a execução do sistema de revestimento cerâmico de fachada, as juntas não compõem com o projeto arquitetônico, resultando em marcações visuais indesejáveis pelo arquiteto. A proposta de localização e dimensão das juntas pode estar associada ao projeto arquitetônico e compatibilizada com a obra e demais projetos e de acordo com o sistema de revestimento cerâmico escolhido, que pode considerar alguns critérios.

## **2.6 Critérios para escolha do sistema de revestimento cerâmico de fachada**

De acordo com o edifício, construtora, arquitetos, engenheiros e fornecedores, os sistemas de revestimento cerâmico de fachadas podem ser executados de diferentes formas, tanto processos como produtos. Para a definição da melhor forma, devem-se analisar e observar os diferentes critérios.

Os principais critérios que devem ser analisados, de acordo com MEDEIROS; SABBATINI (1998) são:

- Critérios econômicos e de mercado: custos de aquisição, custos de manutenção, riscos econômicos, riscos de fornecimento, prazo de entrega, melhora econômica da fachada, dependência de importações, vida útil da fachada, garantia da qualidade e facilidade de aquisição;

- Critérios de comportamento técnico-estruturais: comportamento estrutural, segurança contra incêndios, comportamento térmico-acústico, impermeabilização e durabilidade;
- Critérios de construção: facilidade de produção, produtividade, disponibilidade de equipamentos e ferramentas, disponibilidade de mão de obra qualificada, modularidade, possibilidade de corrigir defeitos, grau de interação com outras partes do edifício;
- Critérios estéticos e culturais: melhora da aparência, facilidade de composição do desenho, possibilidade de manter o aspecto original, adequação do aspecto arquitetônico, adequação ao entorno cultural;
- Critérios de uso e produção: necessidade e facilidade de limpeza, frequência de manutenção, facilidade de trocar as peças, disponibilidade de peças para reposição, riscos de acidentes humanos e confiança na assistência técnica.

Estes critérios possibilitam reduzir a incompatibilidade entre os projetos, os procedimentos de execução e os materiais utilizados. Os custos também podem ser otimizados e obter-se o aumento do desempenho do sistema de revestimento cerâmico de fachada.

A aplicação dos critérios para a escolha do sistema de revestimento cerâmico de fachadas deve ser feito por todos os profissionais envolvidos na elaboração e execução deste sistema.

## 2.7 Movimentos das fachadas com revestimento cerâmico

Uma das mais frequentes origens de ocorrência de manifestações patológicas é a movimentação do edifício. Em certos casos, pela dificuldade de constatação de algum tipo de movimentação do edifício, a recuperação de um sistema de revestimento cerâmico de fachada resolve parcialmente a manifestação patológica, no entanto se a causa ou origem desta manifestação for a movimentação do edifício, é provável o seu ressurgimento.

MEDEIROS; SABBATINI (1998) consideram que os movimentos têm origens internas e externas e que podem incidir no comportamento dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas. Eles podem ser classificados da seguinte forma:

- Movimentos devidos a cargas permanentes: o próprio peso do sistema de revestimento cerâmico de fachadas. É a carga vertical causada pela soma das massas das placas cerâmicas, argamassas adesivas e materiais de rejuntamento;
- Movimentos devidos a cargas variáveis: carga de vento e sísmica; movimentos causados pela ação do vento na fachada, as vibrações e cargas sísmicas desde o terreno;
- Movimentos devido à ação da temperatura: afetam a placa cerâmica e o sistema de revestimento cerâmico de fachadas, além de outros componentes do sistema, especialmente as estruturas de concreto, metal e alvenaria. Estes movimentos são causados por variações bruscas de

temperatura, mais acentuados se utilizam placas cerâmicas de cores escuras e foscas;

- Movimentos devido à ação da umidade por retração durante a cura. Variação irreversível de volume que se produz nas fases de execução do edifício e variação reversível que se produz muitas vezes ao longo dos anos. Ambas são causadas por variações volumétricas, devido a modificações na umidade dos materiais. Muito significativa quando se emprega matrizes cimentícias, devido a hidratação do cimento e da posterior perda de água;
- Movimentos devido a ação da umidade por expansão por variação de umidade. A expansão causada por ação da água dentro dos poros dos materiais. Em função da intensidade desta expansão, pode-se produzir uma degradação. Isto é mais significativo quando os materiais possuem um alto grau de absorção. Por este motivo, em fachadas, recomenda-se utilizar placas cerâmicas com baixa absorção de água ;
- Movimentos devido a deformação da estrutura durante as fases de execução. Deformação causada pelo peso da estrutura de concreto e pelos recobrimentos nas fases de execução. As cargas acidentais influem nas deformações das estruturas de concreto novas, imediatamente após a retirada dos elementos de escoramento;
- Movimentos devido a deformação lenta da estrutura ao longo da vida útil da edificação: deformação causada pelo peso da estrutura de armação, concreto estrutural (enchimento), recobrimentos através do tempo. Influem também cargas acidentais. Muito importante nas estruturas de concreto, com vãos muito largos e placas estruturais;

- Movimento da fundação: movimentos causados pelo assentamento das fundações, que normalmente se estabilizam depois de aplicar as cargas de uso.

Os efeitos causados pela variação térmica, enfatizam PAES; CARASEK (2002) são prejudiciais ao desempenho do sistema de revestimento cerâmico. Na prática, a ocorrência de tensões cíclicas aliadas a outras tensões que o revestimento está exposto, pode levá-lo, ao longo do tempo, a um mecanismo de fadiga.

Os efeitos causados pelas movimentações do edifício podem ser amenizados com alguns detalhes descritos em projeto. A proposta arquitetônica pode, por exemplo, considerar as juntas de movimentação e incidência solar sobre as fachadas. Na execução do sistema do revestimento cerâmico de fachada, deve-se respeitar os prazos mínimos para a liberação da execução entre diferentes etapas da obra.

## **2.8 Requisitos do sistema de revestimento cerâmico de fachada**

O sistema de revestimento cerâmico de fachada tem um papel fundamental no desempenho compositivo, térmico e funcional do edifício. De acordo com a proposta do projeto de fachada da construtora, o sistema de revestimento cerâmico escolhido interferirá no desempenho global do edifício.

É importante que os envolvidos no processo de execução destes sistemas, principalmente os projetistas e arquitetos, tenham respeito aos requisitos para cumprir os objetivos finais da implantação do sistema escolhido.

O primeiro objetivo de uma fachada, para GOLDBERG (1998) é a separação do entorno externo com o ambiente interno. As fachadas estão sujeitas as diferentes ações da natureza, deformações estruturais e movimentos devido a cargas permanentes e variáveis.

Os requisitos da fachada do edifício, de acordo com CIRIA (1992), resumidamente são:

- Iluminação natural e radiação solar: o subsistema de fachada e suas aberturas são responsáveis pela radiação solar dos ambientes internos da edificação, criando condições favoráveis ou desfavoráveis para o usuário. O conforto térmico está associado a este requisito. A alta radiação na fachada pode contribuir para deteriorar os materiais. A reflexibilidade deve ser avaliada. A fachada deve promover conforto térmico, contribuindo para o bem estar do usuário e economia de energia. A cor de placas cerâmicas pode auxiliar no desempenho térmico da fachada;
- Resistência à umidade: a ação das águas pluviais sobre a superfície da fachada pode agir como agente de limpeza. Esta ação pode ser acentuada sobre placas cerâmicas. Os cuidados com elementos construtivos que acumulem água devem ser observados. A umidade que transpassa para o ambiente interior pode causar danos materiais e à saúde dos usuários. Nos

sistemas de revestimento cerâmico de fachada, a maior preocupação ocorre no rejuntamento (juntas de assentamento) e nos encontros de diferentes materiais. A umidade por capilaridade deve ser evitada com procedimentos de impermeabilização dos elementos em contato com o solo;

- Conforto térmico e acústico: terá influência direta pelo subsistema da fachada. A perda de calor pode ocorrer pela transmitância dos diferentes materiais. Incidência de ventos podem influenciar o conforto térmico da edificação;
- Aspectos compositivos: as fachadas são responsáveis pela aparência da edificação e do seu entorno. Nos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas, a modularidade e composição de cores, harmonia visual, textura e brilho das placas cerâmicas são fundamentais para a qualidade da composição final. As fachadas devem manter seu aspecto original durante sua vida útil;
- Integridade estrutural e durabilidade: os elementos de revestimento da edificação devem proporcionar segurança. Materiais que não propagam fogo são exemplos. Todos os elementos da fachada devem permanecer fixos, impossibilitando desagregação ou descolamento das bases. Nestes casos o risco de danos materiais e pessoais é grande;
- Resistência à movimentação: as fachadas estão sujeitas a diferentes movimentações (ações e deformações) devido a cargas permanentes e variáveis, ação da temperatura, ação da umidade, deformação estrutural. As fachadas devem suportar estas movimentações sem danos para a sua integridade;

- **Segurança:** as fachadas devem proporcionar segurança aos usuários da edificação impedindo vandalismo, pichações e invasão de criminosos. Em áreas hospitalares e destinadas à segurança pública esta função é ainda mais exigida;
- **Manutenção:** as fachadas devem ser revestidas com materiais de alto grau de limpabilidade. A dificuldade e alto custo para a limpeza, principalmente em edifícios de múltiplos pavimentos reforçam este requisito;
- **Resistência às condições climáticas:** os materiais das fachadas devem suportar as diferentes condições climáticas que submetem à edificação como variação de temperatura e umidade, ação combinada de chuva e vento.

Segundo BARTH (2001), entre alguns dos aspectos compositivos mais relevantes na percepção das fachadas pode-se destacar:

- **Volumetria:** a volumetria das fachadas e de seus componentes permite alterar a percepção do edifício como um todo;
- **Leveza:** as características dos materiais que constituem as vedações transferem ou aportam ao edifício informações capazes de serem percebidas em seu conjunto;
- **Transparência:** a utilização de materiais transparentes ou translúcidos faz com que o edifício possa ser percebido de maneira distinta durante o dia e a noite, alterando a percepção da própria leveza do edifício;

- Direcionalidade: os componentes arquitetônicos utilizados nas fachadas podem provocar alterações nas proporções e forma como é percebido o edifício;
- Simetria: o espalhamento ou repetição por simetria é um dos dispositivos que mais facilmente produz harmonia em nossa percepção. No entanto, pode produzir monotonia visual e desinteresse posterior do observador;
- Repetição: a repetição de componentes pode ser utilizada para formar uma nova identidade do conjunto;
- Textura: a textura das fachadas possibilita identificar os materiais e os tipos de acabamentos utilizados nos revestimentos;
- Cor: a cor nas fachadas é geralmente determinada pela cor do componente mais externo. A cor exerce grande influência na percepção do edifício como também pode contribuir para o desempenho térmico do sistema.

O sistema de revestimento cerâmico de fachada possui diversas funções, que segundo CAMPANTE (2001), devem ser consideradas na sua interação com o sistema edifício:

- proteção dos elementos de vedação dos edifícios;
- auxílio às vedações no cumprimento de suas funções, tais como, isolamento térmico e acústico, estanqueidade à água e aos gases, dentre outras;
- regularização da superfície dos elementos de vedação e;
- servir como acabamento final, atuando no aspecto compositivo e na valorização econômica do edifício.

Para o desempenho destas funções, é necessário que o sistema de revestimento cerâmico de fachada possua uma série de propriedades:

- características relativas a sua integridade, ou seja, resistência à água, à umidade, aos agentes químicos, aos agentes biológicos e à luz;
- características ligadas ao conforto, ou seja, isolamento térmico e acústico, dentre outras;
- características de segurança: incombustibilidade, segurança contra descargas elétricas, assepsia, etc.;
- características compositivas, ou seja, regularidade geométrica e uniformidade superficial e;
- características de limpeza e manutenção, que permitam manter suas características iniciais durante o uso.

Além das funções, requisitos e características os sistemas de revestimento cerâmico de fachadas devem ter sua duração prolongada. Ainda há muita discussão sobre a definição do tempo de vida útil do sistema de revestimento cerâmico de fachada e conseqüentemente do edifício.

O conceito de durabilidade de um sistema de revestimento cerâmico de fachada, segundo CAMPANTE (2001) é a capacidade que um subsistema possui de manter o seu desempenho acima dos níveis mínimos especificados, de maneira a atender às exigências dos usuários, nas diferentes situações de utilização, por um período de tempo pré-estabelecido.

Para CAMPANTE (2001), existem três grandes causas de perda de durabilidade nos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas: tensões excessivas ou resistências insuficientes que provocam rupturas, inadequação ao uso causado por falhas de projeto ou especificações, procedimentos de execução falhos ou inadequados.

A durabilidade dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas, apesar de ser condicionada, pelas diferentes durabilidades de cada um dos elementos que compõem o subsistema, é mais precisamente uma característica relacionada com o conjunto dos materiais aplicados, considera CAMPANTE (2001). Para aquele autor, o senso comum é que qualquer obra, no Brasil, deve durar mais de 50 anos e que os sistemas de revestimento cerâmico, pela dificuldade e custo associados à manutenção devam durar toda a vida útil do edifício.

A quantificação exata da durabilidade ainda representa um obstáculo muito grande devido a grande complexidade dos mecanismos de interfaces envolvidos, considera CAMPANTE (2001).

MEDEIROS (1999), afirma que a intensidade real dos esforços resultantes dos movimentos dos edifícios é “praticamente impossível de ser determinada com exatidão”, em virtude das diversas origens desses movimentos e das suas características, ou seja, se “modificam constantemente e não necessariamente de forma simultânea”.

O projeto e os materiais utilizados na obra, os métodos construtivos e a manutenção periódica definirão os prazos de utilização do edifício, que pode variar em função do uso proposto e das exigências do mercado imobiliário.

## **2.9 Agentes de degradação**

Os agentes de degradação que atuam nos edifícios e especificamente atuam na deterioração dos componentes do sistema de revestimento cerâmico de fachada podem ser classificados segundo a sua natureza:

- Mecânica: chuvas, ventos;
- Eletromagnética: luz solar;
- Térmica: radiação solar;
- Química: poluição ambiental;
- Biológica: ocorrência de fungos, algas.

CAMPANTE (2001), propôs uma classificação baseada nos efeitos que cada agente causa, que pode ser resumida na Tabela 2.1.

Esta tabela pode auxiliar na constatação de provável causa e origem da ocorrência de manifestação patológica no sistema de revestimento cerâmico de fachada. Nela pode-se perceber que um mesmo agente de degradação, como a radiação solar, pode ter naturezas diferentes.

Tabela 2.2: Classificação dos agentes de deterioração

<b>Natureza</b>	<b>Agente</b>	<b>Efeitos</b>
<b>Mecânica</b>	Tensões induzidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retração na argamassa de fixação</li> <li>• Retração na argamassa de rejuntamento</li> <li>• Deformação lenta da estrutura de concreto armado</li> </ul>
	Água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infiltração pelo rejunte</li> </ul>
<b>Eletromagnética</b>	Radiação solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotodegradação de rejuntas e juntas elastoméricas</li> </ul>
<b>Térmica</b>	Radiação solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choque térmico</li> <li>• Pressão de vapor</li> <li>• Aquecimento (dilatação)</li> </ul>
	Água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choque térmico</li> <li>• Pressão de vapor</li> </ul>
<b>Química</b>	Água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veículo para chuva ácida</li> </ul>
<b>Biológica</b>	Água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meio de cultura para bactérias, fungos e algas</li> </ul>

A tabela 2.3, proposta por CAMPANTE (2001) apresenta os agentes de deterioração externos mais frequentes. Estão separados de acordo com o critério da natureza de seu mecanismo de atuação.

Tabela 2.3: Classificação dos agentes de deterioração e do mecanismo de degradação a eles associados

<b>Agente</b>	<b>Mecanismo</b>
Água	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecânico               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descolamentos por expansão por umidade das placas cerâmicas</li> <li>• Penetração de umidade nas camadas do RCF</li> <li>• Manchamentos nas placas cerâmicas</li> </ul> </li> </ul>
Ventos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecânico               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descolamentos pela ocorrência de pressões negativas nas fachadas</li> <li>• Penetração de umidade nas camadas do RCF</li> </ul> </li> </ul>
Luz solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecânico               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descolamentos por choques térmicos</li> <li>• Descolamentos causados por pressão de vapor d'água</li> </ul> </li> <li>• Fotodegradação               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alterações nos rejuntas/juntas elastoméricas</li> <li>• Manchamentos nos rejuntas/juntas elastoméricas</li> </ul> </li> </ul>
Poluentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ataque químico               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alterações nos rejuntas/juntas elastoméricas</li> <li>• Manchamentos nos rejuntas/juntas elastoméricas</li> </ul> </li> <li>• Mecânico               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Degradação das camadas do subsistema</li> </ul> </li> </ul>
Fungos Algas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ataques biológicos               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alterações nos rejuntas/juntas elastoméricas</li> <li>• Manchamentos nos rejuntas/juntas elastoméricas</li> </ul> </li> </ul>

Como se pode observar na tabela 2.3, vários agentes e mecanismos podem atuar nos sistemas de revestimento cerâmico. Pode-se considerar os que mais contribuem para a ocorrência de manifestações patológicas, como os destacamentos de placas cerâmicas, são enfocados neste trabalho:

- Presença de água: tem como mecanismo de degradação o destacamento pela expansão por umidade das placas cerâmicas e penetração de umidade nas camadas do sistema;

- Luz solar: pode causar descolamentos por choques térmicos e descolamentos causados por pressão de vapor da água;
- Agentes poluentes: podem influenciar na degradação do subsistema;
- Tensões induzidas: retração nas argamassas e deformação lenta da estrutura de concreto armado.

A presença de água é acentuada com a ação do vento em combinação com as chuvas. Segundo BARTH (2000), a velocidade do vento é o fator que mais exerce influência na quantidade de chuva que incide nas fachadas. A determinação das fachadas mais sujeitas a presença de água pode ser interessante para a realização de planos de manutenção destes sistemas.

Com estas diretrizes, pode-se avaliar cada situação e estudar maneiras e soluções para amenizar a influência destes agentes no sistema de revestimento cerâmico de fachada.

## **2.10 Procedimentos de execução dos sistemas de revestimento cerâmico de fachada com argamassas adesivas**

A aplicação de placas cerâmicas em paredes externas, nas fachadas do edifício, geralmente requer mais cuidados, equipamentos específicos e mais exigência das equipes de execução se comparados a execução de ambientes internos (pisos ou paredes).

A necessidade de retrabalho nas fachadas provavelmente terá custos mais altos que ambientes internos da edificação. Somam-se a estas, questões de segurança aos usuários, a maior preocupação com a preservação do edifício e a dificuldade de manutenção deste subsistema.

Deficiências de mão de obra são comuns, mesmo com a escolha de bons profissionais na execução do edifício e que estão acostumados a aplicação das placas cerâmicas nas fachadas.

Cronogramas reduzidos para a conclusão do edifício, desejo da conclusão rápida da fachada pelo construtor para caracterizar e valorizar o imóvel, remuneração dos assentadores por produção (m<sup>2</sup> aplicado) podem acelerar a execução de aplicação das placas cerâmicas e diminuir a qualidade desta aplicação.

MORAIS; RESENDE (2000) consideram que a mão de obra desqualificada é uma das constatações mais frequentes da pesquisa sobre manifestações patológicas em fachadas. Para CAMPANTE; SABBATINI (2000) uma das causas para a ocorrência de manifestações patológicas no sistema de revestimento cerâmico de fachada pode ser atribuída a assentadores despreparados e sem treinamento. LIMA; SICHIERI; GONÇALVES (1998) também enfatizam que muitos problemas ocorridos nestes sistemas se devem ao assentamento, da má qualidade do profissional assentador.

A origem ou causa da manifestação patológica em sistemas de revestimento cerâmico de fachada pode ser a falha na execução em alguma das etapas do processo. Mesmo em etapas aparentemente não tão significativas, como a preparação e limpeza da base que receberá o substrato e as placas cerâmicas, podem haver procedimentos inadequados.

A falta de domínio de tecnologia de execução dos sistemas de revestimentos cerâmicos de fachada não está somente relacionada com a falta de conhecimento dos assentadores. Os demais profissionais envolvidos na cadeia produtiva podem também não ter o total conhecimento da execução deste sistema, que envolve muitos detalhes e procedimentos específicos, diferentes dos demais sistemas com placas cerâmicas, geralmente menos exigentes.

Antes de iniciar a execução do sistema de revestimento cerâmico de fachada, é conveniente que os envolvidos realizem o planejamento desta execução. Esta etapa é importante e deve-se levar em consideração aspectos técnicos e condicionantes da obra.

Resumidamente e descrevendo-se os principais cuidados de cada etapa, os procedimentos para execução dos sistemas de revestimento cerâmico de fachada podem ser ordenados como:

- Aplicação do chapisco: antes da aplicação do chapisco, é fundamental a limpeza da base (paredes e estruturas) com escovação e lavagem. Para chapisco sobre estrutura, utilizar preferencialmente argamassa adesiva

industrializada aplicada com desempenadeira denteada ou rolo. Ensaios de aderência devem ser executados nesta etapa. Evita-se a aplicação de chapisco quando a fachada estiver quente devido à ação direta do sol

- Aplicação do emboço: aplicar a argamassa de emboço, sarrafejar e promover o desempenamento grosso com desempenadeira de madeira, sempre se observando a consistência adequada do material para evitar fissuração. Deve-se ter o cuidado com as espessuras do emboço. Em casos de emboço com espessuras maiores que 25 mm, e conseqüentemente executados em mais de uma camada (cheia), deve-se inserir tela metálica de estabilidade na camada mais externa. As telas de combate à fissuração devem ser inseridas nos pontos especificados em projeto. É primordial que sejam realizados os ensaios de aderência. As juntas de dilatação podem ser executadas nesta etapa, com o substrato ainda fresco e com auxílio de frisador adequado.
- Preparação da argamassa adesiva: para a preparação da argamassa adesiva deve-se utilizar a quantidade de água conforme indicado na embalagem do produto. Para respeitar esta quantidade durante toda a execução, deve-se utilizar um medidor. O recipiente para o preparo da argamassa deve ser de plástico ou metal, evitando a perda de água por sucção. O pó de argamassa deve ser colocado sobre a água e ser misturado até se obter mistura homogênea, pastosa e livre de grumos. Para uma melhor mistura e produtividade recomenda-se o uso de furadeira de baixa rotação com haste helicoidal, como pode ser observado na figura 2.2.

Após a mistura e antes da aplicação, a argamassa adesiva deve ficar em repouso por 10 minutos e, a seguir, ser misturada novamente. A argamassa pode ser ocasionalmente remexida durante o uso, mas é vedada a adição de água. A argamassa adesiva preparada deve ser protegida do sol, chuva e vento.



Figura 2.2: Exemplo de recipiente e haste para a preparação da argamassa adesiva

Geralmente, na execução do sistema de revestimento cerâmico de fachada, as argamassas preparadas estão sujeitas às ações do sol e vento. Apesar da vida útil geralmente ser estipulada em duas horas, recomenda-se não ultrapassar 40 minutos para o uso em questão, com risco da argamassa perder suas propriedades. A vida útil das argamassas adesivas depende diretamente das condições da obra, como grandes superfícies a serem executadas; procedimentos adotados, como o tamanho das equipes e condições ambientais.

- Aplicação das placas cerâmicas com argamassa adesiva: a principal ferramenta para a aplicação das placas cerâmicas é a desempenadeira de aço denteada. A desempenadeira deve ser nova, com os dentes na medida original. Todos os substratos devem ser ásperos, estruturalmente firmes e isentos de sujeira. Não se deve aplicar a placa cerâmica com o substrato saturado. Em locais sujeitos a forte insolação, a base pode ser levemente umedecida. A argamassa adesiva deve ser aplicada inicialmente sobre o substrato com o lado liso da desempenadeira, pressionando a lâmina da ferramenta contra a superfície, forçando a entrada do material no substrato. Em seguida, formar os cordões na superfície com o lado denteado da desempenadeira. A quantidade de argamassa deve ser necessária para promover cordões de altura de pelo menos 6mm constantes. Para isto, pode-se acrescentar argamassa adesiva quando for passar o lado denteado. Após aplicar a argamassa, a aplicação da placa não deve exceder o tempo em aberto.
- As placas cerâmicas, limpas e secas, devem ser posicionadas levemente fora da posição e afastadas diagonalmente, como pode ser observado na figura 2.3. Deslizar a placa para a posição correta, pressionar e percutir com o auxílio de um martelo de borracha.



Figura 2.3: Posicionamento inicial da aplicação da placa cerâmica e cordões de argamassa adesiva

- As placas devem ter o tardo com 100% de preenchimento com argamassa adesiva. É importante verificar, ao longo de toda a execução, este preenchimento, retirando algumas placas de forma aleatória, como pode ser observado na figura 2.4.

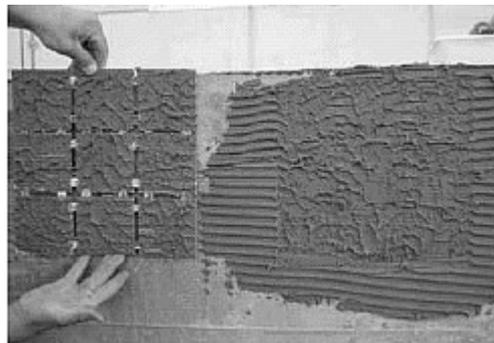


Figura 2.4: Preenchimento e verificação do tardo da placa cerâmica

- Após a secagem inicial da argamassa adesiva, proceder a limpeza das juntas de assentamento e controle, retirando o excesso de material.

- Para placas de dimensões maiores que 400 cm<sup>2</sup>, deve-se utilizar a técnica de dupla colagem que consiste na aplicação da argamassa adesiva na base e no tardo da placa cerâmica.
- Preparação e aplicação do rejuntamento: as argamassas de rejuntamento devem ser preparadas da mesma forma que as argamassas adesivas. A aplicação do rejuntamento deve ser iniciada, no mínimo, 72 horas após o assentamento das placas cerâmicas. Para a aplicação do rejuntamento deve-se molhar levemente as juntas. Com uma desempenadeira de borracha espalhar o rejuntamento sobre a placa cerâmica, fazendo movimentos contínuos na direção diagonal às juntas de assentamento. Exercer pressão suficiente para forçar o material para o interior das juntas., preenchendo-as completamente. Após a secagem inicial do rejuntamento (cerca de 20 minutos) realizar a limpeza usando espuma macia umedecida em água limpa. Esperar novo período de secagem e refazer a limpeza, desta vez com um pano seco e limpo. Não se recomenda frisar o rejuntamento nas fachadas.
- Juntas de dilatação – aplicação do selante: a aplicação do selante deve ser feita com uma pistola de extrusão, cortando o bico aplicador de acordo com a largura da junta, inclinado de 30 a 40 graus. O selante deverá ser aplicado acionando-se contínua e regularmente o gatilho da pistola para a obtenção de um cordão uniforme no interior da junta. Para deixar a profundidade adequada do selante, deve ser inserido na junta um limitador de fundo. As bordas devem ser protegidas com fita adesiva de papel. Após a aplicação,

frisar a junta. Após alguns minutos da aplicação, retirar com cuidado as fitas adesivas.

- Limpeza: A limpeza da fachada deve ser executada, no mínimo, após sete dias da conclusão do rejuntamento. Recomenda-se utilizar produtos fornecidos pelos fabricantes das placas cerâmicas.

Mesmo com o conhecimento da tecnologia de execução, é fundamental a elaboração do projeto executivo do sistema de revestimento cerâmico de fachada, com todos os detalhes e correta descrição dos materiais específicos para cada edifício.

## **2.11 Novas tecnologias**

A evolução dos materiais e técnicas nos sistemas de fachadas demonstram um grande leque de oportunidades para profissionais da área. Apesar de ainda pouco utilizado no Brasil, as chamadas *fachadas ventiladas*, provenientes de revestimentos não aderidos, provavelmente podem se constituir como futura alternativa ao método tradicional de aplicação de sistema de revestimento cerâmico de fachada.

Para LEHMKUHL; BARTH (2000), as fachadas ventiladas se apresentam como inovações construtivas, que permitem melhorar o desempenho térmico das vedações na situação de verão.

A evolução das propriedades técnicas das novas placas cerâmicas, como o porcelanato, de características superiores às pedras naturais, fazem que o produto comece a ter aceitação por parte das construtoras e usuários.

Tecnicamente, o porcelanato apresenta propriedades semelhantes ou superiores ao granitos naturais. MENEGAZZO; PASCHOAL; ANDRADE; GOUVÊA; CARVALHO (2002) consideram que os pontos a serem melhorados no porcelanato para aumentar a competitividade perante o granito são a resistência a manchas e resistência ao risco.

Para revestimento de fachadas estas duas propriedades podem ser de menor exigência e importância. Os porcelanatos representam um produto de alto padrão e próprios para o uso. Mesmo com relação à estética do produto, o mercado oferece opções com extrema semelhança aos granitos naturais, com a facilidade de reposição e garantia de produto industrializado.

As placas de porcelanato requerem maiores cuidados e argamassas especiais para a sua aplicação. Com a possibilidade de grandes formatos, maiores de 60x60 cm, novas técnicas, como fixação mecânica, devem ser adotadas. Com o peso da placa, assim como os granitos, as empresas de argamassas e placas cerâmicas não recomendam a colocação com métodos tradicionais de revestimento aderido.

Fachadas com placas de porcelanato, segundo LEHMKUHL; BARTH (2000), podem aumentar de grau de industrialização com melhoria de construtividade.

Técnicas de aplicação a seco, sem a utilização de argamassas adesivas, podem reduzir os tempos de montagem das fachadas.

Outra possibilidade, enfatizada por JEKOT (2002) é a pré-fabricação dos sistemas de revestimentos cerâmicos. As empresas das placas cerâmicas associadas a outros setores industriais para prover bens e serviços a uma atividade construtiva cada vez mais técnica.

A evolução tecnológica das fachadas conduz, segundo BARTH (2001), a um aumento no uso de produtos industrializados, reduzindo serviços *in situ* e suas *improvisações*. Com a evolução dos métodos e equipamentos disponíveis para a fabricação de materiais e componentes construtivos, a produção dos pré-fabricados está mais orientada às exigências do projeto arquitetônico.

São tecnologias que precisam ser desenvolvidas, mas que podem ser opção para a tradicional técnica de aplicação das placas cerâmicas e que, provavelmente, gerem aumento de qualidade, economia e funcionalidade do sistema de revestimento cerâmico de fachada.

### **3. PROJETOS EXECUTIVOS DE SISTEMAS DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS**

#### **3.1 Influência do projeto de SRCF no desempenho do sistema**

Ainda pouco difundidos, os projetos executivos de sistemas de revestimentos cerâmicos podem contribuir para a diminuição das manifestações patológicas nestes sistemas.

A implantação de um projeto de produção de revestimentos cerâmicos de fachada, segundo MEDEIROS; SABBATINI (1998) permite evitar uma série de problemas que podem conduzir a falhas nos revestimentos e facilitar as ações de controle e melhoria de qualidade de produção.

A origem para grande parte das manifestações patológicas presentes nos sistemas de revestimento cerâmico de fachada, segundo GOMES (1997) é proveniente da falta de planejamento, na etapa de projeto.

Para JUST; FRANCO (2001) o descolamento de revestimento cerâmico de fachada também tem origem nos aspectos relacionados com o projeto, desde a concepção da edificação, a falta de coordenação entre projetos, a escolha de materiais inadequados até a negligência quanto a aspectos básicos como o posicionamento das juntas de dilatação e telas metálicas.

As origens para o surgimento de problemas em sistemas de revestimento cerâmico de fachadas, aponta CASIMIR (1994) podem ser sintetizadas em falhas no projeto.

### **3.2 Diretrizes básicas do projeto executivo de SRCF**

Mesmo com tantas manifestações patológicas que ainda ocorrem nos sistemas de revestimentos cerâmicos de fachadas, não existe a preocupação por parte dos construtores em exigir um projeto executivo para o sistema de revestimento cerâmico. O projetista, por sua vez, por falta de solicitação, não elabora este projeto. Soma-se a despreocupação dos fabricantes das placas cerâmicas. Torna-se um círculo vicioso e que resulta nas diversas falhas do sistema de revestimento cerâmico.

Na proposta de auxiliar os projetistas, GOLDEBERG (1998) apresenta considerações fundamentais de desenho para placas cerâmicas aderidas diretamente no substrato. Segundo o autor, para que se possa ter um controle da qualidade de execução de fachadas é necessário que haja uma adequação do projeto a este tipo de revestimento.

MEDEIROS;SABBATINI (1998) consideram algumas diretrizes para ajudar os projetistas na elaboração do projeto de sistema de revestimento de fachada:

- Respeitar as juntas da estrutura no sistema de revestimento cerâmico de fachadas;

- Utilizar as juntas em encontros de diferentes fachadas, tanto externas quanto internas;
- Definir a junta em cada nível da planta, situando-se no encontro da alvenaria com a estrutura (parte inferior da viga estrutural com parte superior da parede de vedação);
- Utilizar juntas em panos cerâmicos em balanços, sobre peitoris e fachadas salientes.

Os projetos de sistema de revestimento cerâmico de fachada devem ter diretrizes e parâmetros para a sua elaboração. Além do aspecto estético, devem apresentar detalhes como: descrição dos produtos (substratos, argamassas adesivas, placas cerâmicas e rejuntas), posicionamento e dimensão das juntas de movimentação e assentamento (horizontais e verticais), posicionamento das telas metálicas, procedimentos de execução e detalhes específicos de acordo com o projeto executivo de arquitetura, como detalhes de platibandas e peitoris. Outro fator importante é a compatibilidade do projeto executivo do sistema de revestimento cerâmico com os demais projetos, principalmente estrutural e arquitetônico.

Segundo MEDEIROS; SABBATINI (1998) é possível identificar três fases de desenvolvimento de projeto de sistema de revestimento cerâmico:

- Fase de análise e definições iniciais: o resultado é um conjunto de definições e alternativas potenciais de solução e o estabelecimento da concepção de projeto;

- Fase de discriminação e detalhamento: descreve e caracteriza a solução do projeto com base na tecnologia disponível e normalização. Definição das juntas , materiais, métodos e detalhes construtivos;
- Fase de execução: implantação do projeto na obra e verificação prática das soluções projetadas.

Geralmente os envolvidos nos processos de elaboração do sistema de revestimento cerâmico, acreditam na conclusão do serviço com a entrega da edificação. Outro projeto complementar que pode auxiliar na durabilidade do sistema e conseqüente a vida útil do edifício, é o projeto de manutenção preventiva deste sistema de revestimento cerâmico, que pode ser de responsabilidade da construtora e dos condôminos, respeitando as diretrizes do projetista do sistema de revestimento cerâmico de fachada.

#### **4. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM SISTEMAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS**

As manifestações patológicas nos sistemas de revestimento cerâmico de fachada são caracterizadas pela deterioração em parte ou todo o sistema. Basicamente temos dois níveis de manifestações: que não geram risco ao usuário e que geram riscos ao usuário, como o destacamento de uma placa cerâmica da fachada.

O termo patologia, para a área da construção civil, de acordo com LICHTENSTEIN (1985) é “a ciência que estuda as origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestações e conseqüências das situações nas quais o edifício, ou suas partes não apresente um desempenho mínimo preestabelecido”.

Estudos classificam as manifestações patológicas nos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas. Há divergências das possíveis causas e origens. Muitas vezes a combinação de fatores resulta na ocorrência da manifestação patológica.

Para CASIMIR (1994), os problemas patológicos observados nas edificações, independente às suas formas de manifestação, podem ter origem em enorme gama de fatores, em função da grande complexidade dos vários subsistemas envolvidos, inerentes aos processos construtivos. Ele afirma que as falhas,

geralmente, não ocorrem devido a uma razão, mas provavelmente de uma combinação de razões.

Diversas manifestações patológicas atingem os sistemas de revestimento cerâmico de fachada. As causas e origens são variadas e classificadas diferentemente em cada estudo. Mesmo assim, existe uma correlação com o resultado de cada trabalho.

PERRY; WEST (1994) classifica as manifestações patológicas mais comuns segundo a camada onde ocorrem: defeito das placas cerâmicas, falhas no substrato e falhas no adesivo. As causas mais comuns para o destacamento nos sistemas de revestimento cerâmico, considera RODRIGUES (1997), são a inexistência de juntas de movimentação, a deficiência no assentamento da cerâmica e a inadequação do material empregado.

As manifestações patológicas nos sistemas de revestimento cerâmicos de fachadas podem, de acordo com MEDEIROS (1999), ser resultado de uma combinação de fatores, como por exemplo, os destacamentos e fissuras que podem ser originadas pela propagação de fissuras ocorridas na interface do revestimento com a estrutura, na falta de reforço no substrato (emboço), na falta de “juntas de controle”, no preenchimento inadequado das juntas de assentamento, na falta de argamassa de fixação no verso das placas cerâmicas e na falha na observação dos tempos em aberto e de ajuste da argamassa de fixação.

#### 4.1 Destacamento de placas cerâmicas

A manifestação patológica mais avaliada e que apresenta maior risco é o destacamento de placas cerâmicas. Esta manifestação pode ser considerada a mais perigosa por causar danos à integridade física e material.

A perda de aderência, conforme CAMPANTE; SABBATINI (1999) é um fenômeno causado por falhas ou rupturas na interface da cerâmica com a argamassa adesiva, ou mesmo desta com o substrato, devido a tensões surgidas que ultrapassem a capacidade resistente das ligações.



Figura 4.1: Edifícios com destacamento de placas cerâmicas em fachadas

Os destacamentos, considera BAUER (1995), podem ser causados por erros de execução, uso de materiais inadequados ou desconhecimento acerca das suas características, deficiências na etapa de projeto, além da falta de manutenção.

De acordo com MORAIS; RESENDE (2000) as duas principais causas que provocam o destacamento das placas cerâmicas dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas são a falta de ensaios de materiais e falta de treinamento de mão de obra.

Observa-se a existência de diferentes causas e ainda se pode aprofundar nas origens das manifestações patológicas, que geralmente são mais difíceis de serem analisadas e constatadas. Uma forma é o acompanhamento de cada obra com registros de cada etapa, com dados minuciosos, como os procedimentos de execução. No aparecimento de manifestações patológicas, tem-se mais informações e dados para se obter prováveis origens.

Para JUST; FRANCO (2001) pode-se sintetizar as origens para o aparecimento de manifestações patológicas nas edificações, salientados os aspectos aos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas, da seguinte forma:

- Materiais: utilização de componentes (cerâmica, juntas, rejuntas, argamassas de assentamento, cimento, cal, areia e suas misturas) em desacordo com as especificações e recomendações da normalização brasileira ou quando da sua inexistência, de normas internacionais e pesquisas realizadas;

- Projeto: todos os aspectos ligados à concepção da edificação, desde a falta de coordenação entre os projetos, escolha de materiais inadequados, até a negligência quanto a aspectos básicos como o posicionamento de juntas de dilatação e telas metálicas;
- Produção: envolve o controle de recebimento dos materiais, preparação das misturas, obediência aos prazos mínimos para a liberação dos serviços e; principalmente, o acompanhamento da execução de todas as camadas dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas, sobretudo o assentamento das cerâmicas;
- Uso: trata dos fatores ligados à operação durante a vida do componente e, fundamentalmente, às atividades de manutenção requeridas para um desempenho adequado do conjunto com o decorrer dos anos.

Um fator importante e que deve ser considerado nos processos de execução dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas são os testes referentes às resistências de aderência à tração direta, resistência à tração e resistência a compressão, realizados em obra, em condições reais de uso. Estes devem seguir as normas brasileiras pertinentes.

A maioria das ocorrências de manifestações patológicas nos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas pode ser atribuída, segundo CAMPANTE; SABBATINI (1999) a:

- Assentadores despreparados e sem treinamento;
- Fabricantes de materiais não preocupados com garantia, assistência técnica e informações de seus produtos;

- Projetistas desconhecedores de suas responsabilidades na cadeia produtiva dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas;
- Incorporadores não atentos ao real valor atribuído à relação entre custos de recuperação da manifestação patológica x valor do bem a ser recuperado.

CAMPANTE (2001) elaborou metodologia para identificar as manifestações patológicas, origens e causas. O autor considera que para uma boa análise dos mecanismos de ocorrência de manifestações patológicas em sistemas de revestimento cerâmico de fachadas, é necessário recorrer a uma análise hierárquica. Primeiramente se observa a manifestação patológica. Constata-se a causa imediata (causa primária), passa-se pela natureza (causa secundária) e finaliza-se com a origem do problema.

Esta metodologia dá subsídios para uma boa constatação. Geralmente a análise é sobre a causa e, mesmo resolvida, pode retornar. Se obtiver um dado mais preciso sobre as origens pode-se ter uma melhor prevenção.

Para SABBATINI; BARROS (1990) as origens dos destacamentos das placas cerâmicas nos sistemas de revestimento cerâmicos de fachadas são: a deformação ocorrida nas bases (alvenaria/estrutura) devido a acomodações do edifício após a ocupação, à fluência da estrutura de concreto, a qual não é atingida de imediato e às variações higrotérmicas; a falta de juntas de controle; a inadequação das argamassas de emboço, assentamento e rejunte e a preparação deficiente da base.



Figura 4.2: Destacamento de placas cerâmicas

Para CAMPANTE (2001), outras origens são aquelas ligadas diretamente às falhas de treinamento, tais como: desrespeito ao tempo em aberto da argamassa de fixação; uso de desempenadeira inadequada/defeituosa; falta de limpeza da base; falha na preparação da base; aplicação incorreta de argamassa (espessura incorreta, falta de dupla colagem); erros na mistura da argamassa.

CAMPANTE (2001) considera que a quebra sucessiva nas ligações mecânicas (ocorrência de fadiga) entre as diversas camadas do subsistema represente a principal origem dos destacamentos nos sistemas de revestimentos cerâmicos de fachadas dos edifícios brasileiros.

Como uma das principais causas na ocorrência de destacamentos em sistemas de revestimentos cerâmicos de fachadas, CAMPANTE (2001) considera a suplantação das resistências mecânicas das diversas camadas frente às solicitações mecânicas a que estão sujeitas.

Estas solicitações têm origem nos movimentos induzidos aos sistemas de revestimentos cerâmicos de fachadas, quer pela estrutura do próprio edifício, ou pelas condições ambientais a que estão expostas.

Os destacamentos ocorrem, de acordo com BARROS et al. (1998), geralmente entre os seis meses e os dois anos da ocupação do edifício. Normalmente ocorrem com maior freqüência nos primeiros e nos últimos andares, como decorrência do maior nível de solicitação de esforços a que estão sujeitos, como pode ser observado na figura 4.3. A estes, MEDEIROS (1999) acrescenta também os locais de maiores deslocamentos estruturais, regiões em balanço, por exemplo, e as fachadas mais ensolaradas (devido a choques térmicos que provocam retrações bruscas).



Figura 4.3: Destacamento de placas cerâmicas nos primeiros pavimentos

## 4.2 Eflorescência

Outra manifestação patológica que pode ser encontrada nos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas é a eflorescência. Este tipo de manifestação patológica é caracterizada pelo efeito de lixiviação, que transporta os sais solúveis até a superfície, provocando deterioração do sistema. Pode surgir em pontos específicos de forma concentrada ou generalizada por toda a fachada.



Figura 4.4: Eflorescências em fachadas de edifícios com placas cerâmicas

Normalmente, segundo VERDUCH; SOLANA (1999) é causada pelo movimento de água através de porosidades existentes nas camadas do sistema de revestimento cerâmico, a qual transporta em solução sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino terrosos (cálcio e magnésio), solúveis ou parcialmente solúveis em água, até aflorarem na superfície, onde ficam retidos após a evaporação da água.

De acordo com MORAIS; RESENDE (2000) a eflorescência, em geral é causada pela combinação dos seguintes fatores:

- Presença de água nos componentes da fachada;
- Presença de pressão hidrostática ou evaporação;
- Existência de sais solúveis, eventualmente presentes nos componentes do emboço e nas argamassas de assentamento.

Os sais solúveis do cimento Portland, presentes em grande quantidade, nas argamassas e concretos, representam para CAMPANTE (2001) importantes fontes de eflorescências, possivelmente as mais comuns nos sistemas de revestimentos cerâmicos de fachadas.

Segundo GOLDBERG (1998) em regiões litorâneas existe uma fonte adicional de sais solúveis: a névoa salina. A presença desta fonte pode causar deterioração. Principalmente em fachadas que utilizem placas cerâmicas não esmaltadas.

A presença de água, consideram SABBATINI; BARROS (1990), pode ser originada na fase de execução das diversas camadas do sistema de revestimento cerâmico de fachada, por infiltração em trincas e fissuras, devido a vazamentos de tubulação, devido à condensação de vapor da atmosfera dentro de paredes, ou mesmo pela combinação de mais de um destes fatores.

As ações para restringir o aparecimento deste tipo de manifestação patológica são descritas por SABBATINI; BARROS (1990) como seis aspectos básicos:

- reduzir o consumo de cimento Portland na argamassa de regularização, ou utilizando cimento do tipo pozolânico, que possui baixo teor residual de hidróxido de cálcio;
- utilizar placas cerâmicas sem sais solúveis e sem proceder sua molhagem;
- utilizar rejuntas flexíveis, de modo a evitar microfissuras, obtidos com adição de resinas elastoméricas, que podem torná-los menos porosos;
- planejar o assentamento, de modo a ter garantida a secagem da base antes da execução da camada de regularização e desta antes da fixação do revestimento;
- proibir a limpeza com ácido fluorídrico e, caso seja indispensável seu uso (devido a presença de depósitos endurecidos de argamassa), empregar ácido de boa qualidade (clorídrico) em baixas concentrações (até atingir PH 3) e;
- evitar lavagem com água sanitária, para prevenir a ocorrência de aspecto enferrujado nos rejuntas.

De um modo, as eflorescência podem ser resolvidas por métodos de baixo custo, como limpeza do local afetado com escova, a seco ou com água pura, como enfatiza CAMPANTE (2001).

Mesmo com a correção da manifestação patológica, deve-se realizar análise e providenciar o conserto da origem do problema, como o reparo das possíveis trincas nas fachadas ou substituição do rejuntamento para eliminar a passagem de água, por exemplo.

### 4.3 Trincas e fissuras

As trincas, gretamentos e fissuras também são manifestações patológicas que podem ocorrer nos sistemas de revestimento cerâmico de fachada.

A trinca, definida por SABBATINI, BARROS (1990) quando ocorre na placa cerâmica, é a ruptura total do corpo cerâmico em duas ou mais partes após a sua fixação, cuja abertura possui dimensões superiores a 0,5 mm, como pode ser observado na figura 4.5.



Figura 4.5: Trinca em placa cerâmica de fachada

O gretamento por sua vez, é definido como sendo a fissuração (aberturas de 0,05 a 0,1 mm) da camada de esmalte superficial da placa cerâmica.

O gretamento pode ocorrer no momento da fabricação da placa cerâmica e, neste caso é considerado defeito de fabricação.

Quando ocorre durante o uso da placa cerâmica, ou seja, após a sua aplicação, o gretamento, de acordo com CAMPANTE (2001), está associado à dilatação sofrida pela base da placa cerâmica devido à expansão por umidade e/ou retração das argamassas de emboço ou fixação com alto teor de cimento, ocasionando tensões induzidas nas placas cerâmicas que podem romper a camada de material vítreo do esmalte. Esta tensão pode causar, além do gretamento propriamente dito, o destacamento da placa cerâmica com relativa violência.

Trincas e fissuras, quando ocorrem nas juntas entre as placas cerâmicas, se localizam principalmente entre o rejunte e a lateral das placas. SABBATINI; BARROS (1990) diferenciam as fissuras e as trincas pelas dimensões das aberturas apresentadas, sendo fissuras aquelas cuja abertura não ultrapassam 0,5 mm, e as trincas aquelas que possuem aberturas maiores.

BARROS et al. (1998) atribuem as causas deste tipo de manifestação a quatro fatores:

- dilatação e retração da camada de revestimento;
- deformação da base ou deformações diferenciais base-revestimento de grande amplitude;
- trincas na alvenaria ou no encontro alvenaria-estrutura;

- retração da argamassa.

As trincas podem ocorrer, segundo CAMPANTE (2001) também nos rejuntas devido à retração durante sua secagem. Isto se deve fundamentalmente à grande absorção de água, que gera inchamento e a perda de água, conseqüentemente, grande retração. Também se deve à quantidade de cimento utilizado na sua dosagem, e caracteriza o rejunte como sendo um material de baixa capacidade de absorção de deformações.

De acordo com BARROS et al. (1998), as trincas e fissuras são observadas com maior freqüência nos primeiros e últimos pavimentos, provavelmente devido às maiores solicitações destes locais, induzidas por deformações estruturais ou térmicas de maior amplitude.

Para MEDEIROS (1999), a deformabilidade da estrutura de concreto armado pode ser apontada hoje como a principal causa direta de fissuras na base dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas e, por conseguinte, de parte importante das manifestações patológicas destes revestimentos no Brasil.

As trincas, fissuras e gretagem do sistema de revestimento cerâmico são manifestações patológicas que podem induzir às outras patologias. As trincas, por exemplo, podem abrir espaços para a penetração de água e surgimento da eflorescência, que por suas vez podem enfraquecer as camadas do sistema e ocorrer o descolamento de placas cerâmicas.

Como as trincas e fissuras são observadas com maior frequência nos primeiros e últimos pavimentos, onde ocorre maior movimentação estrutural, os projetistas e construtores podem propor soluções, como telas de combate à fissuração, para os pontos mais solicitados destes pavimentos.

As trincas, ainda mais que gretagens e fissuras, devem ser analisadas e procuradas as origens de sua ocorrência. Somente a substituição das placas danificadas sem o reparo do ciclo da manifestação, provavelmente ocasionará o ressurgimento do problema. A causa é tratada, porém a origem do problema não é solucionada.

## 5. ANÁLISE DOS ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo, foram analisados três edifícios da cidade de Balneário Camboriú, em Santa Catarina. As três obras apresentaram destacamento de placas cerâmicas na fachada. Foram analisadas também as características arquitetônicas e suas possíveis influências no aparecimento das manifestações patológicas.

### 5.1 Coleta das informações

As análises foram realizadas a partir de dados de projetos e de entrevistas e dados relacionados com a execução do edifício e usuários. Observações *in loco* completaram as informações. A sistematização descrita a seguir foi utilizada para a coleta das informações.

- Dados de Identificação: arquiteto, engenheiro, construtora, localização, orientação solar, entorno direto, numero de pavimentos, área construída;
- Projeto: documentação, detalhes específicos de SRCF, cronograma de obra, memorial descritivo;
- Manifestações patológicas constatadas;
- Descrição do defeito da manifestação patológica ;
- Localização das manifestações patológicas na edificação;
- Incidência de agentes de degradação (poluição, ventos, umidade, salinidade, sol);

- Período de execução: prazo para a conclusão de cada etapa, incluindo aplicação do substrato (chapisco e emboço) após a conclusão da estrutura, aplicação da placa cerâmica após a conclusão do emboço, aplicação da argamassa de rejuntamento após a aplicação das placas cerâmicas;
- Tipo de estrutura e lajes;
- Materiais utilizados: vedações, chapisco, emboço, telas, esquadrias, cobertura;
- Detalhes arquitetônicos específicos da edificação: peitoris, balanços, sacadas, platibandas;
- Placa cerâmica: tipologia, dimensão, pigmentação(cor), fabricante, tipo de tardo, acabamento;
- Argamassas de rejuntamento: fabricante, tonalidade;
- Técnicas construtivas: limpeza, procedência da mão de obra, testes de aderência, ensaio dos materiais, argamassa colante, método de aplicação;
- Juntas de movimentação (dilatação): existência, localização e dimensões;
- Dados complementares: orientação do fabricante, conhecimento técnico da equipe;
- Manutenção pós-obra;
- Riscos de acidentes.

Todos os dados de identificação relativos aos fabricantes, engenheiros, arquitetos, construtora e demais envolvidos na execução dos edifícios foram suprimidos deste trabalho.

## 5.2 Condições climáticas da região

As condições climáticas da região são variáveis durante o ano e caracterizadas por cada estação. Estas condições podem favorecer o aparecimento de manifestações patológicas.

A temperatura anual média da região, de acordo com Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, é de 18 à 21° C. Ocorre, portanto, grande variação de temperatura do período de verão para inverno com temperatura máxima de 27° C e mínima de 15 ° C, respectivamente. No verão, podem ocorrer picos de fortes chuvas em dias quentes e ensolarados, principalmente no entardecer.

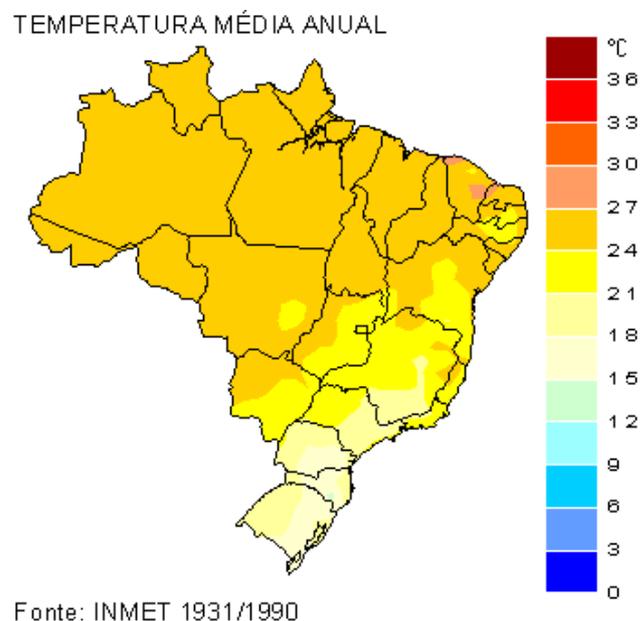


Figura 5.1: Mapa de temperatura medial anual

A umidade relativa anual é alta, de 80 a 90%. Por ser região litorânea, a velocidade do vento é relativamente alta. Os ventos predominantes são nordeste e sul.

O clima da região é úmido, com diferentes picos de temperatura. Temperaturas altas no verão e baixas no inverno com alta umidade relativa do ar. Predominância de ventos sul e nordeste e combinação com chuvas freqüentes.

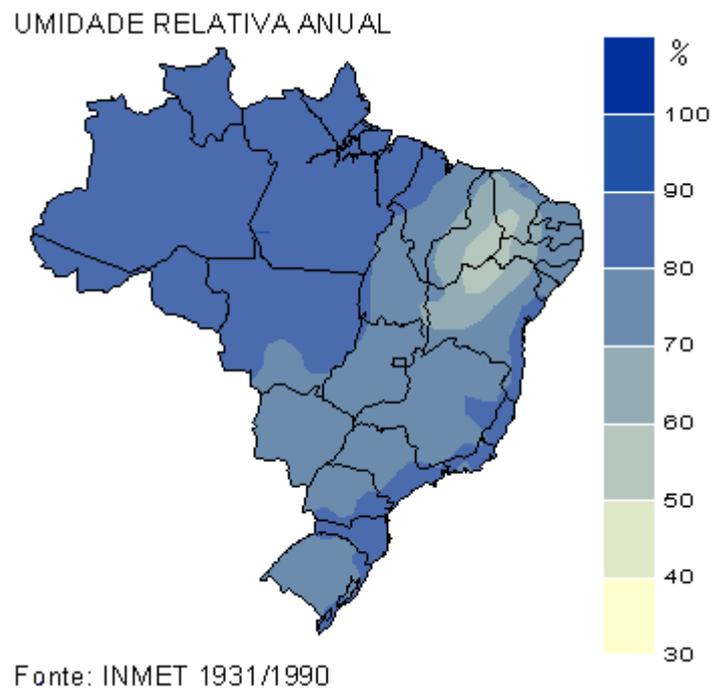


Figura 5.2: Mapa de umidade relativa anual

## 5.3 Edifício “A”

### 5.3.1 Dados de identificação

O edifício está localizado à rua 2850, no centro da cidade de Balneário Camboriú. O período de execução compreendeu os anos de 1996 e 1997. A área total construída é de 2.424,00 m<sup>2</sup>. A superfície de fachadas possui área de 1.944,00 m<sup>2</sup>. A área de recobrimento com placas cerâmicas equivale a 576,50 m<sup>2</sup>. A figura 5.3 mostra uma vista do edifício.



Figura 5.3: Vista do edifício

### 5.3.2 Documentação

O projeto, aprovado pela prefeitura municipal, apresenta plantas baixas dos pavimentos, cortes e fachadas. As fachadas foram desenhadas de modo genérico, sem detalhamento da paginação das placas cerâmicas. Os projetos gráficos e o memorial descritivo não apresentam detalhamento do sistema de revestimento cerâmico de fachada. Não foram previstas juntas e telas em projeto.

### 5.3.3 Localização e clima

O edifício está localizado na segunda quadra contando a partir da orla marítima, em uma distância aproximada de 200 metros do mar. A região é composta por edifícios de média altura, de 04 a 12 pavimentos e residências unifamiliares. A geografia do local é plana. A fachada frontal possui orientação solar sudeste. A orientação solar das fachadas pode ser observada na figura 5.4.

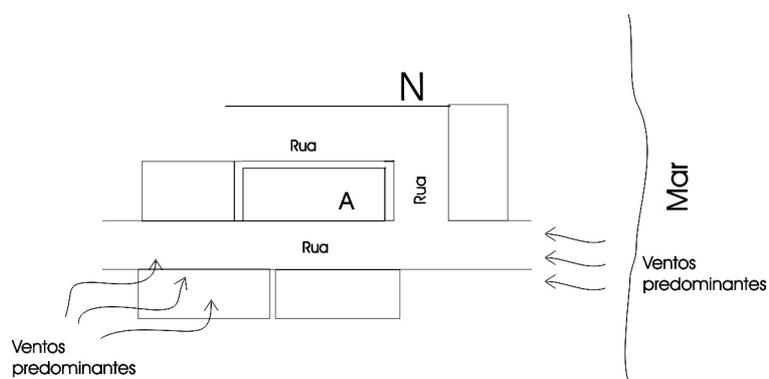


Figura 5.4: Situação do edifício

O terreno onde está inserido o edifício é plano e estreito, com dimensões de 30,00 x 12,00 metros. Não há afastamento frontal. Pequenos afastamentos laterais (menores que 1,00 metro) resultam numa alta taxa de ocupação. O terreno é de ponta de quadra, com ruas extremando em três dos quatro lados. Na lateral direita, há presença de uma edificação com 09 pavimentos. A rua, por ter acesso direto ao mar, possui forte corrente de ar.

#### **5.3.4 Características do projeto**

O partido adotado para a elaboração do projeto foi formas retilíneas. O edifício é retangular e simétrico. A movimentação desejada pelo arquiteto foi explorar as cores e formas das placas cerâmicas.

O edifício tem 09 pavimentos, sendo 08 pavimentos tipo sobre garagem (pilotis). O subsistema de cobertura é composto por estrutura de madeira e telhas de fibrocimento. A platibanda realiza o coroamento superior.

O pavimento tipo é composto por três apartamentos sendo dois de três dormitórios e um de dois dormitórios. A quantidade total de apartamentos é vinte e quatro. A caixa de escada está localizada no eixo central na extrema da fachada noroeste. O edifício é de uso exclusivamente residencial.

A principal e maior fachada, com 26,00 metros é a fachada sudoeste (figura 5.5). Nesta fachada há maior presença de placas cerâmicas. Nesta fachada está localizada a maioria dos vãos de janelas (aberturas nas fachadas).

Os dormitórios e salas localizam-se nas fachadas sudeste, nordeste e sudoeste. Cozinhas, áreas de serviço e caixa de escada estão situadas na fachada noroeste. A fachada noroeste não apresenta sistema de revestimento cerâmico de fachada. Na estação do verão, a incidência solar predomina nas fachadas sudoeste, nordeste e noroeste.

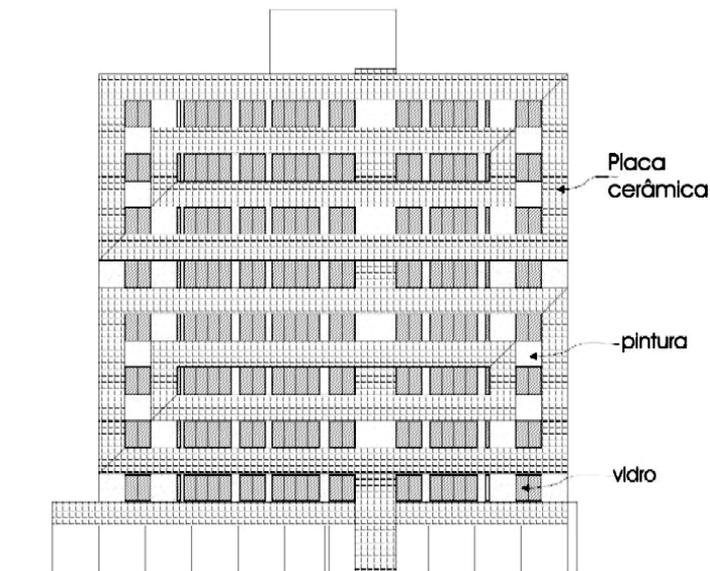


Figura 5.5: Desenho da fachada frontal (sudoeste)

### **5.3.5 Paginação das fachadas**

O edifício é composto por superfícies planas e simétricas de diferentes cores. Horizontalmente a modulação de 10 cm, referente ao conjunto da placa cerâmica com respectiva junta de assentamento, é respeitada e não existem recortes nas placas cerâmicas neste sentido. No encontro das placas cerâmicas de diferentes dimensões houve recortes. As juntas neste caso não coincidem. Verticalmente são visíveis os recortes nas placas cerâmicas em diversos pontos da fachada.

### **5.3.6 Padrões de materiais e cores**

As placas cerâmicas utilizadas nas fachadas possuem dimensão de 9,5 x 9,5 cm e 7,5 x 7,5 cm, das cores cinza escuro, branco e amarelo. Os desenhos são geométricos e proporcionam efeito de movimento. As proporções utilizadas das cores nas fachadas estão descritas na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Percentual de placas cerâmicas utilizadas nas fachadas segundo a cor e tonalidade

Cor e tonalidade	Percentual	Área	Proporção em relação ao total das fachadas (%)
Cinza escuro	48	276,75	14,25
Branco	48	276,75	14,25
Amarelo	4	23,00	1,18
Total	100	576,50	29,68

### 5.3.7 Detalhes arquitetônicos

A platibanda superior do edifício, detalhada na figura 5.6, que limita a cobertura, possui acabamento externo com placas cerâmicas. A superfície superior possui acabamento em reboco e pintura, sem caimento.

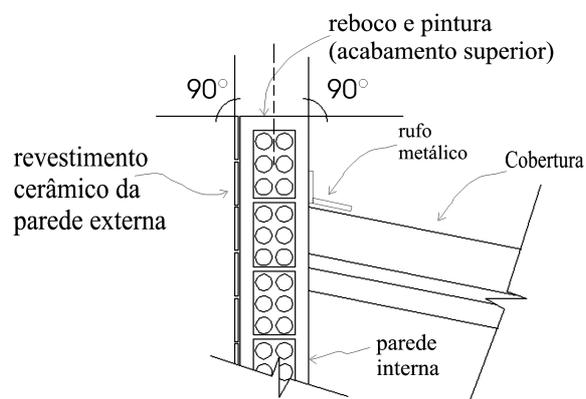


Figura 5.6: Platibanda da cobertura

As esquadrias são de alumínio, com marcos chumbados com argamassa e recuados 25 mm da superfície externa. O acabamento do peitoril (pingadeiras) das janelas é de reboco e pintura sem caimento (ângulo de 90°). A placa cerâmica é ressaltada do alinhamento do reboco, resultando numa diferença de nível, como pode ser observado na figura 5.7.

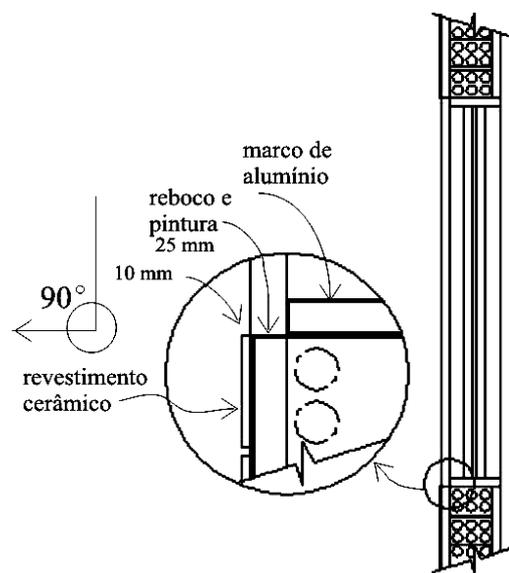


Figura 5.7: Peitoril das esquadrias

O acabamento no encontro das diferentes fachadas adjacentes é realizado com o traspasse de uma das placas cerâmicas, como no detalhe da figura 5.8.

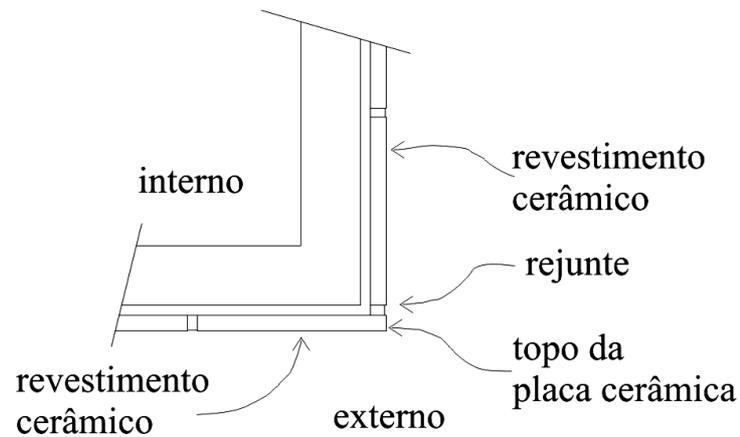


Figura 5.8: Encontro entre fachadas adjacentes

Somente um pequeno detalhe da entrada principal do edifício o sistema de revestimento cerâmico de fachada encontra o solo. As demais fachadas não seguem ao primeiro pavimento (hall de entrada e pilotis - garagens).

Como proposta estética, na fachada frontal (sudeste) ocorre o encontro de diferentes cores das placas cerâmicas. Este encontro é na forma diagonal, sendo as placas, originalmente no formato quadrado, recortadas (figura 5.9).

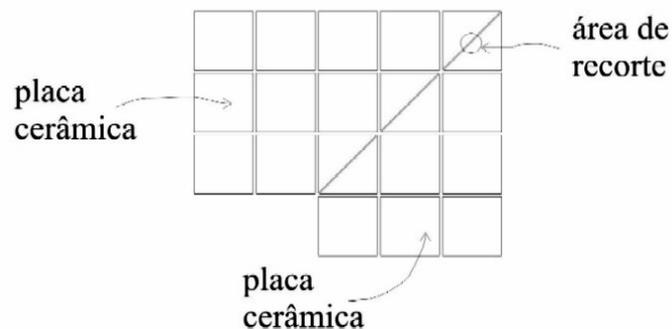


Figura 5.9: Detalhe do encontro das placas cerâmicas de diferentes cores

As superfícies que compõem a arquitetura do edifício são planas. As pequenas reentrâncias, de até 3 cm, ocorrem nos encontros dos diferentes materiais que revestem a fachada (placas cerâmicas e reboco com pintura) com as esquadrias.

A laje de cobertura do primeiro pavimento é maior que a projeção do pavimento tipo. Este detalhe proporcionou um avanço do primeiro pavimento em relação ao restante dos pavimentos, formando uma floreira.

### **5.3.8 Placas cerâmicas**

Foram utilizadas placas cerâmicas de baixa absorção (menor que 6%) conforme dados do fabricante. Prensadas, esmaltadas e tardez com muratura poliorientada. Placas cerâmicas com dimensões 9,5 x 9,5, nas cores cinza e branco e dimensões 7,5 x 7,5 cm na cor amarela, teladas com pontos de cola na dimensão final de 29,5 x 29,5 cm. Espessura média de 8 mm, observadas em obra.

### **5.3.9 Argamassas adesivas**

Neste empreendimento não foram utilizadas argamassas adesivas industrializadas.

### **5.3.10 Argamassas de chapisco e emboço**

As argamassas de chapisco e emboço utilizadas na execução do edifício foram preparadas in loco. O engenheiro não forneceu detalhes do traço de cada argamassa. Afirmou que respeitava as normas brasileiras. A espessura do emboço, verificada nos pontos de destacamento da placa cerâmica é maior que 2,5 cm.

### **5.3.11 Argamassas de rejuntamento**

Foi utilizada argamassa de rejuntamento industrializada.

### **5.3.12 Telas**

Não foi verificada a presença de telas metálicas ou membranas de qualquer natureza nas camadas do emboço danificadas. A não utilização de telas foi confirmada pelo responsável pela obra.

### **5.3.13 Estrutura**

O edifício possui estrutura de concreto armado. Fundação com estacas de concreto e lajes pré-moldadas. De acordo com engenheiro da obra, a estrutura foi executada independente. Posteriormente executada a vedação, com blocos de cerâmica de 06 furos. A duração desta etapa foi de aproximadamente treze meses.

#### **5.3.14 Vedação**

Para a vedação foram utilizados blocos cerâmicos de seis furos, de acordo com o mestre de obras.

#### **5.3.15 Mão de obra**

Os assentadores foram os mesmos para toda a obra, funcionários da própria construtora. Segundo o mestre de obras, não houve treinamento para as equipes.

#### **5.3.16 Juntas de assentamento**

As juntas de assentamento entre placas cerâmicas são de 5,0 mm, conforme medido em obra.

#### **5.3.17 Juntas de movimentação**

Não há presença de juntas de movimentação horizontais ou verticais em nenhum ponto do sistema de revestimento cerâmico de fachada, como pode ser observado na figura 5.10.



Figura 5.10: Ausência de juntas de movimentação

### **5.3.18 Aberturas**

Todas as aberturas das fachadas são compostas por esquadrias de alumínio e vidro, levemente recuadas da superfície externa.

### **5.3.19 Procedimentos de execução**

Segundo o engenheiro, os procedimentos seguiram as normas técnicas. Inicialmente foi executado o chapisco. Em seguida, realizada a aplicação do emboço. A aplicação da cerâmica foi realizada em emboço úmido, na execução do emboço de cimento, areia e cal.

Não foram utilizadas desempenadeiras denteadas. As placas foram pressionadas com martelo de borracha. O engenheiro não definiu os prazos de cada etapa.

#### **5.3.20 Ensaio de materiais**

Não houve nenhum ensaio de materiais durante toda a execução. Testes de aderência também não foram realizados. A verificação do preenchimento do tardoiz em placas aleatórias durante a execução do revestimento era desconhecida por parte dos envolvidos na execução do edifício.

#### **5.3.21 Manutenção pós-obra**

Não houve manutenção pós-obra. Algumas placas cerâmicas foram substituídas, segundo engenheiro do edifício, em meados do ano 2001, utilizando argamassa de cimento e areia. Observam-se placas com diferença de tonalidade.

### **5.3.22 Riscos aos usuários**

Os riscos de acidente são altos. O edifício, na época de objeto do estudo, não possuía nenhuma proteção de fachada que impedisse a queda das possíveis placas cerâmica que descolassem, oferecendo riscos aos usuários que estivessem no entorno do edifício. A fachada nordeste é próxima à calçada de circulação de pedestres e estacionamento de veículos.

### **5.3.23 Dados complementares**

Não houve orientação sobre procedimentos de aplicação por parte do fabricante das placas cerâmicas. Não foi solicitado nenhum tipo de consultoria ou esclarecimento sobre o sistema de revestimento cerâmico de fachadas.

### **5.3.24 Manifestações patológicas observadas**

Foi observada desagregação do substrato (esfarelamento do emboço). As fissuras em grande parte no revestimento de argamassa e pintura das fachadas eram visíveis. A manifestação patológica mais presente e de maior gravidade era o destacamento das placas cerâmicas das fachadas, principalmente nas fachadas nordeste e sudoeste. Na figura 5.11 pode ser observado o destacamento das placas cerâmicas, mais acentuado sobre a estrutura de concreto (viga).

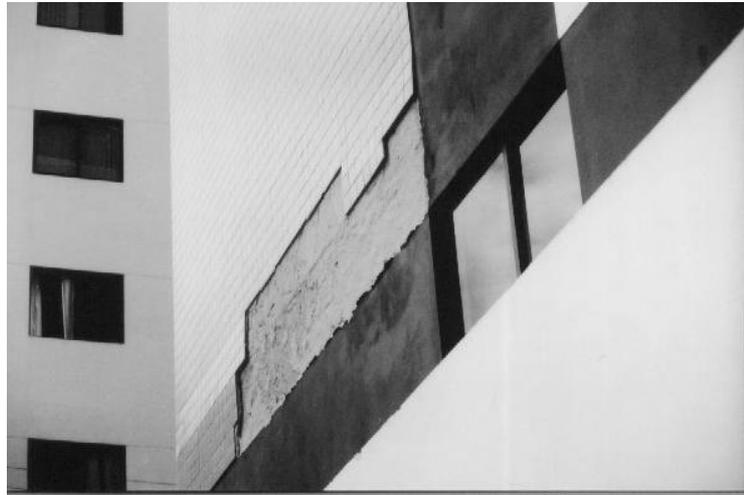


Figura 5.11: Destacamento de placas cerâmicas

Os primeiros destacamentos ocorreram, segundo o engenheiro responsável, no ano 2000, nas fachadas sudoeste e nordeste. De acordo com informações do engenheiro e também observado em obra, o destacamento das placas cerâmicas apresentava-se de forma mais intensa sobre as estruturas de concreto.

Muitas manchas puderam ser observadas nas fachadas. Em diversos pontos, o rejuntamento apresentava perda de cor e manchamento, como pode ser observado na figura 5.12.



Figura 5.12: Manchas nos rejuntas

Nas peças destacadas, a argamassa não recobria 100% do tardo. Em várias placas cerâmicas que destacaram, existia a presença de parte da camada de emboço, como pode ser observado na figura 5.13.

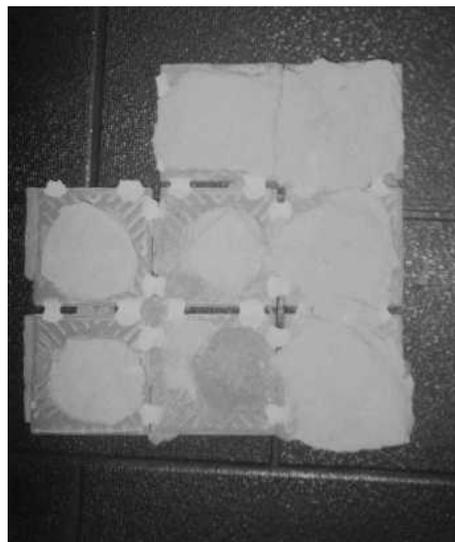


Figura 5.13: Verso da placa destacada

### 5.3.25 Análise

Para a análise, utilizaram-se parâmetros da metodologia desenvolvida por CAMPANTE (2001), onde, depois da constatação da manifestação patológica, procura-se definir a causa imediata, em seguida a natureza ou causa secundária, chegando-se à possível origem.

A falha de apresentação e detalhamento no projeto executivo de obra civil pode ser considerada a primeira origem do destacamento das placas cerâmicas. A ausência de especificação de juntas e telas metálicas para o combate a fissuração também podem contribuir para as falhas no sistema de revestimento cerâmico de fachada. Nenhum procedimento de execução dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas foi detalhado para a construtora. Nem mesmo a descrição da absorção mínima para as placas cerâmicas quando utilizadas em fachadas foram definidas.

As diferenças e oscilações de temperatura que a região apresenta podem contribuir para a dilatação e retração do sistema de revestimento cerâmico de fachadas. A presença de sais devido à proximidade do mar pode acelerar o processo de degradação do rejunte, quando no momento da execução, segundo RODRIGUES (1997). Também é provável a presença de sais no emboço espesso. A fachada que apresentou os primeiros destacamentos foi a nordeste, justamente a que mais está sujeita a insolação.

Pela observação do estado do emboço e presença da argamassa na placas destacadas, percebeu-se que o destacamento ocorreu na camada do emboço e chapisco. A causa imediata neste caso, poderia ser a falha de aderência entre as camadas de emboço e chapisco.

A causa secundária pode ser a movimentação estrutural da edificação, falta de juntas, emboço de qualidade duvidosa, retração durante a secagem da argamassa de emboço, ocorrência de fadiga nas ligações entre a argamassa de emboço e chapisco ou uma combinação destes fatores.

A origem principal pode ser considerada o uso de técnica inadequada ou mal controlada pela falta de procedimentos que pode abranger a falta de ensaio dos materiais, uso de argamassa de emboço com traço inadequado para as condições de uso (alta retração na cura e baixa capacidade para absorver deformações), deficiência em projeto, provável desrespeito aos prazos mínimos de execução dos diferentes subsistemas, execução em situações climáticas desfavoráveis, deficiência no controle de cada etapa da execução ou uma combinação destes fatores.

Os destacamentos ocorreram nas fachadas com superfícies maiores de placas cerâmicas. As grandes aberturas da fachada sudoeste provavelmente auxiliaram na absorção dos esforços decorrentes da movimentação do edifício e dilatações térmicas. As aberturas podem ser a causa do não destacamento das placas cerâmicas na fachada sudoeste.

A perda de cor na argamassa de rejuntamento pode estar ligada ao detalhe do peitoril das esquadrias e o acabamento da platibanda superior onde a água tem maior volume quando chove e conseqüente mais ação. A falta de rejunte em alguns pontos da fachada podem ser passagem para a umidade.

Outra causa secundária ou natureza da manifestação patológica no sistema de revestimento cerâmico de fachada pode ser a ausência de quaisquer juntas de dilatação horizontais e verticais.

A origem pode estar na falha de descrição das juntas detalhadas em projeto, no desconhecimento da importância deste elemento pelos envolvidos no processo de execução, ou na falha de execução e desrespeito aos procedimentos recomendados.

A falta de telas metálicas para obter estabilidade nas argamassas de emboço com espessura maior que 25 mm (NBR 13755 – ABNT, 1996) e telas para combater a fissuração pode ser considerada outra causa secundária ou natureza do destacamento das placas cerâmicas da fachada.

A origem pode estar na falta de projeto específico que determinasse estas telas, no desconhecimento da importância deste elemento pelo envolvidos no processo de execução, na falta de controle e ensaios de materiais ou na falha de execução e desrespeito aos procedimentos corretos.

Os recortes das peças com acabamento esmaltado podem prejudicar o desempenho do subsistema. Nestes pontos, pode ser maior a possibilidade de infiltração de água devido à uma maior exposição da área sem esmalte, resultado do corte da placa onde o rejunte não preenche toda a lateral. O edifício apresenta este tipo de recorte no encontro com placas de diferentes cores.

Os riscos de acidentes com usuários que circulavam pelo entorno da edificação foram amenizados pelo avanço da laje do pavimento tipo. Esta solução arquitetônica pode auxiliar na prevenção de acidentes com terceiros num possível destacamento de placa cerâmica de fachada. A maioria das placas destacadas estava depositada sobre esta laje.

## 5.4 Edifício “B”

### 5.4.1 Dados de identificação

O edifício está situado à rua 2.300, no centro da cidade. Foi construído entre os anos de 1994 e 1995. A área total construída equivale a 3.425,00 m<sup>2</sup>. A área de recobrimento de fachadas com placas cerâmicas é de 1.159,00 m<sup>2</sup>. A figura 5.14 apresenta uma vista do edifício.



Figura 5.14: Vista do edifício

### **5.4.2 Documentação**

O projeto, aprovado pela prefeitura municipal, apresenta plantas baixas dos pavimentos, cortes e fachadas. As fachadas foram desenhadas de modo genérico, sem detalhamento da paginação das placas cerâmicas. Os projetos gráficos e o memorial descritivo não apresentam detalhamento do sistema de revestimento cerâmico de fachadas. Não foram previstas juntas de assentamento e movimentação em projeto. A definição de inserção de telas metálicas de combate à fissuração não é detalhada em projeto.

### **5.4.3 Localização e clima**

O edifício está localizado na segunda quadra contando a partir da orla marítima, em uma distância aproximada de 150 metros do mar. A região é composta por edifícios de média altura, de 04 a 12 pavimentos e residências unifamiliares. A topografia do local é plana. A fachada frontal está direcionada para a posição norte.

O terreno onde está inserido o edifício é plano e estreito, com dimensões de 34,00 x 24,00 metros. O afastamento frontal mede 3,30 metros. Não há afastamento lateral nos três primeiros pavimentos. A partir do quarto até o último pavimento, o afastamento lateral direito e esquerdo é de 3,60 metros, conforme verificado em obra e definido em projeto. O afastamento anterior a partir do terceiro até o último pavimento é de 18,00 metros. O primeiro e segundo pavimentos não possuem afastamento anterior.

O terreno está situado no meio de quadra, sendo limitado pela lateral direita por edifício com oito pavimentos e lateral esquerda por edifício com dezoito pavimentos.

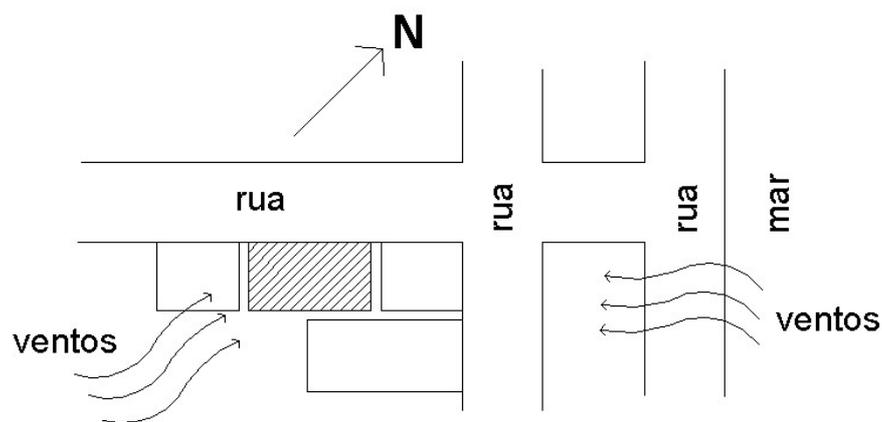


Figura 5.15: situação do edifício

O clima da região é úmido, com diferentes picos de temperatura. Temperaturas altas no verão e baixas no inverno com alta umidade relativa do ar. Predominância de ventos sul e nordeste e combinação com chuvas freqüentes. A rua, por ter acesso direto ao mar, possui forte corrente de ar.

#### 5.4.4 Características do projeto

O partido adotado para a elaboração do projeto foi formas retilíneas. O edifício é retangular e simétrico. A caixa de escada em forma circular, com revestimento em placas cerâmicas com superfície na cor vermelha, marca um volume diferenciado na fachada frontal. A descontinuidade retilínea de sacadas

do sétimo, oitavo, décimo segundo e décimo terceiro pavimentos, revestidas com placas cerâmicas de cor azul, resulta em marcação de fachada, proporcionando desenho geométrico.

O edifício é constituído por 15 pavimentos, sendo 12 pavimentos tipo, 02 pavimentos de garagem, hall de entrada e 01 pavimento com salão de festas, lavanderia e apartamento de apoio. O subsistema de cobertura é composto por estrutura de madeira e telhas de fibrocimento. A platibanda realiza o coroamento superior. O pavimento tipo é composto por dois apartamentos sendo um com três dormitórios e outro com dois dormitórios.

A quantidade total de apartamentos é vinte e dois. Os dois últimos pavimentos possuem apartamentos interligados entre os diferentes pavimentos, considerando-se apenas duas unidades nos dois pavimentos. A caixa de escada está localizada no eixo central na extrema da fachada noroeste. O edifício é de uso exclusivo residencial.

A principal fachada, de orientação solar noroeste possui 17,00 metros. Nesta fachada estão localizadas as aberturas das áreas privativas (dormitórios) e sociais (salas) dos apartamentos. Nesta fachada havia incidência de descolamento de placas cerâmicas conforme empresa de recuperação.

As aberturas dos dormitórios localizam-se nas fachadas de orientação nordeste, noroeste e sudoeste. Cozinhas, áreas de serviço estão localizadas na posição sudeste da planta.

A fachada noroeste era constituída por sistema de revestimento cerâmico de fachada. As fachadas de orientação nordeste, sudoeste e sudeste eram compostas por sistemas de revestimento cerâmico de fachada e revestimento com pintura. Na estação do verão, a incidência solar predomina nas fachadas sudoeste, nordeste e noroeste.

#### **5.4.5 Paginação das fachadas**

O edifício é composto por superfícies planas e simétricas de diferentes cores. Horizontalmente a modulação de 20 cm, referente ao conjunto da placa cerâmica com respectiva junta de assentamento, não é respeitada e existem recortes nas placas cerâmicas neste sentido. No encontro das placas cerâmicas de diferentes dimensões houve recortes. As juntas neste caso não coincidem. Verticalmente é visível o recorte nas placas cerâmicas em diversos pontos da fachada.

#### **5.4.6 Padrões de materiais e cores**

As placas cerâmicas utilizadas nas fachadas possuíam dimensão de 10 x 10 cm, 20x20 cm e 7,5 x 7,5 cm, nas cores azul escuro, branco, vermelho e amarelo. Os desenhos são geométricos e proporcionam efeito de movimento. As proporções utilizadas das cores nas fachadas estão descritas na tabela 5.2.

Tabela 5.2: Percentual das placas cerâmicas utilizadas nas fachadas segundo a cor e tonalidade

Cor e tonalidade	Percentual	Área	Proporção em relação ao total das fachadas (%)
Branco	57,81	670,00	33,40
Azul escuro	12,94	150,00	7,48
Amarelo	3,88	45,00	2,24
Vermelho	25,37	294,00	14,66
Total	100	1.159,00	60,02

#### 5.4.7 Detalhes arquitetônicos

A platibanda superior do edifício, detalhada na figura 5.16, que limita a cobertura possui acabamento externo com placas cerâmicas. A superfície superior possui acabamento em reboco e pintura.

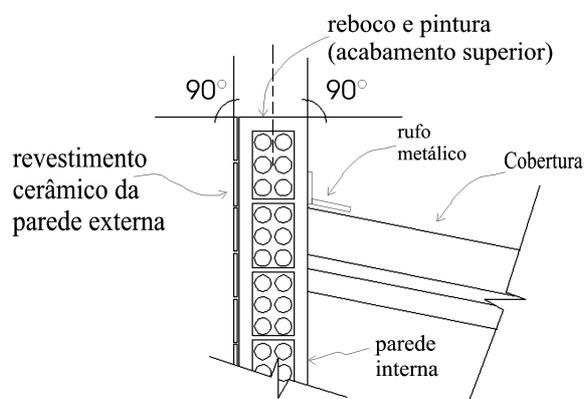


Figura 5.16: Platibanda de cobertura

As esquadrias são de alumínio, com marcos chumbados com argamassas e recuados 25 mm da superfície mais externa. O acabamento do peitoril (pingadeiras) das janelas é de reboco e pintura sem caimento (ângulo de 90°). A placa cerâmica é ressaltada do alinhamento do reboco, resultando numa diferença de nível, como pode ser visto na figura 5.17.

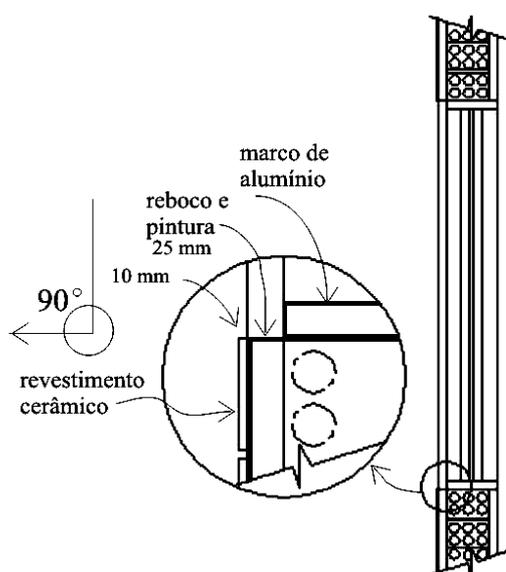


Figura 5.17: Peitoril das esquadrias

O acabamento no encontro das diferentes fachadas adjacentes é realizado com o transpasse de uma das placas cerâmicas, como detalhado na figura 5.18.

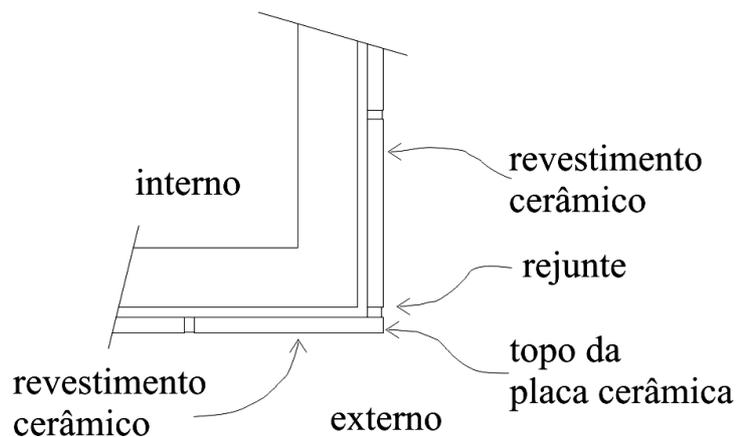


Figura 5.18: Encontro entre placas cerâmicas de fachadas adjacentes

Somente um pequeno detalhe da entrada principal do edifício o sistema e revestimento cerâmico encontra o solo. Os demais sistemas de revestimento cerâmico de fachadas não seguem ao primeiro pavimento (hall de entrada e pilotis - garagens).

As superfícies que compõem a arquitetura do edifício são planas. As pequenas reentrâncias (até 3 cm) ocorrem nos encontros dos diferentes materiais que revestem a fachada (placas cerâmicas e reboco com pintura) e com as esquadrias.

O terceiro pavimento possui área maior que o pavimento tipo, onde está a área de lazer e o salão de festas coberto.

#### **5.4.8. Placas cerâmicas**

Foram utilizadas placas cerâmicas com superfície branca, dimensão de 20x20 cm e espessura média de 8mm, medidas em obra. Estas placas, de acordo com laudo técnico do fabricante, possuíam absorção de água menor que 6%. Eram placas prensadas, esmaltadas e tardo com muratura quadriculada e menor reentrância se comparada às placas cerâmicas de dimensões diferentes que constituíam o sistema.

As placas cerâmicas com dimensões 9,5 x 9,5, nas cores azul escuro, vermelho e dimensões 7,5 x 7,5 cm na cor amarela eram teladas com pontos de cola formando dimensão final do painel de 29,5 x 29,5 cm. Espessura média de 8 mm.

Todas as medidas foram coletadas de peças retiradas do sistema. Estas placas eram prensadas, esmaltadas e tardo com muratura poliorientada (cauda de andorinha).

#### **5.4.9 Argamassa adesivas**

De acordo com responsável pela obra, as argamassas adesivas utilizadas para a aplicação das placas cerâmicas foram industrializadas, do tipo AC-II.

#### **5.4.10 Argamassas de chapisco e emboço**

As argamassas de chapisco e emboço utilizadas na execução do edifício foram preparadas in loco. O engenheiro não forneceu detalhes do traço de cada argamassa. A espessura média do emboço, verificada nos pontos de destacamento das placas cerâmicas foi de 4 cm.

#### **5.4.11 Argamassas de rejuntamento**

Foi utilizada argamassa de rejuntamento industrializada.

#### **5.4.12 Telas**

Não foi verificada a presença de telas metálicas ou membranas de qualquer natureza nas camadas do emboço danificadas. Segundo o responsável pela execução do edifício, não foram utilizadas nenhum tipo de tela no sistema de revestimento cerâmico de fachadas.

#### **5.4.13 Estrutura**

O edifício possui estrutura de concreto armado. Fundação com estacas de concreto e lajes pré-moldadas. De acordo com o engenheiro da obra, a estrutura é independente. Posteriormente foi executada a vedação, com blocos de cerâmica de 06 furos. A duração desta etapa foi de aproximadamente dezoito meses.

#### **5.4.14 Vedação**

Para a vedação foram utilizados blocos cerâmicos de seis furos, de acordo com o mestre de obras.

#### **5.4.15 Mão de obra**

Os assentadores foram os mesmos para toda a obra, funcionários da própria construtora. Segundo o mestre de obras, não houve treinamento para as equipes.

#### **5.4.16 Juntas de assentamento**

De acordo com a medição em obra, as juntas utilizadas para assentamento tinham dimensão média de 5 mm.

#### **5.4.17 Juntas de movimentação**

Conforme verificação em obra, não foram detectadas juntas de movimentação horizontais ou verticais. Na figura 5.19 pode-se observar a inexistência de juntas de movimentação.



Figura 5.19: Ausência de juntas de movimentação

#### **5.4.18 Aberturas**

Todas as aberturas das fachadas são fechadas por esquadrias de alumínio e vidro liso, levemente recuadas da superfície externa.

#### **5.4.19 Procedimentos de execução**

Segundo o engenheiro, os procedimentos seguiram as normas técnicas. Inicialmente foi executado o chapisco. Em seguida a aplicação do emboço. A aplicação da cerâmica foi realizada com desempenadeira denteada com argamassa adesiva. As placas foram pressionadas com martelo de borracha. O engenheiro não definiu a duração de cada etapa.

#### **5.4.20 Ensaio de materiais**

Não houve nenhum ensaio de materiais durante toda a execução. Testes de aderência também não foram realizados. A verificação do preenchimento do tardoz em placas aleatórias durante a execução do revestimento era desconhecida por parte dos envolvidos na execução do edifício. Foi verificada a falta de argamassa adesiva no tardoz das placas cerâmicas destacadas.

#### **5.4.21 Manutenção pós-obra**

Não houve manutenção pós-obra.

#### **5.4.22 Riscos aos usuários**

Os riscos de acidente são altos. O edifício, na época de objeto do estudo, não possuía nenhuma proteção de fachada que impedisse a queda das possíveis placas cerâmica que destacassem, oferecendo riscos aos usuários que estivessem no entorno do edifício. A fachada noroeste era próxima à calçada de circulação de pedestres e parada de veículos. Aos usuários do edifício, em áreas internas, o risco era menor. As áreas de lazer localizadas no terceiro pavimento eram cobertas.

#### 5.4.23 Dados complementares

Não houve orientação sobre procedimentos de aplicação por parte do fabricante das placas cerâmicas. Não foi solicitado nenhum tipo de consultoria ou esclarecimento sobre o sistema de revestimento cerâmico de fachadas.

#### 5.4.24 Manifestações patológicas observadas

A manifestação patológica mais presente e de maior gravidade era o destacamento das placas cerâmicas nas fachadas nordeste, noroeste e sudoeste, como se pode observar na figura 5.20. Os primeiros destacamentos ocorreram, segundo o engenheiro responsável, no ano 1999, nas fachadas sudoeste e nordeste. De acordo com o engenheiro e observado em obra, os destacamentos das placas cerâmicas apresentavam-se de forma mais intensa sobre os elementos estruturais de concreto.



Figura 5.20: Destacamento de placas cerâmicas

Muitas manchas puderam ser observadas nas fachadas. Em várias placas cerâmicas que destacaram, não existiam vestígios de argamassa adesiva. Em outras placas cerâmicas foi verificada a presença de marcas de cordões da argamassa adesiva, como pode ser observado na figura 5.21.

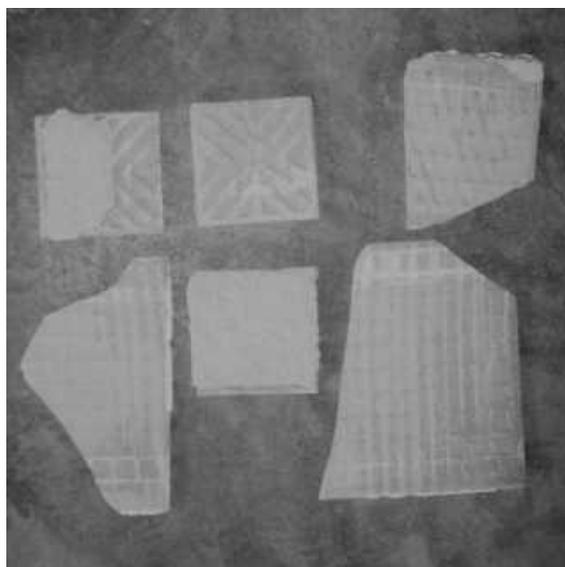


Figura 5.21: Verso das placas cerâmicas destacadas

Em diversos pontos da fachada, o rejuntamento apresentava perda de cor. Nas superfícies maiores, nas fachadas de orientação nordeste e sudoeste, foi verificada a presença de estufamento no sistema de revestimento cerâmico de fachadas.

#### **5.4.25 Análise**

Para a análise, utilizaram-se parâmetros da metodologia desenvolvida por CAMPANTE (2001), onde, depois da constatação da manifestação patológica, procura-se definir a provável causa imediata, em seguida a natureza ou causa secundária, chegando-se à possível origem.

A falha de apresentação e detalhamento no projeto executivo de obra civil pode ser considerada a primeira origem do destacamento das placas cerâmicas. A ausência de especificação de juntas e telas metálicas para o combate a fissuração também podem ter contribuído para as falhas no sistema de revestimento cerâmico de fachada. Nenhum procedimento de execução dos sistemas de revestimento cerâmico da fachada foi detalhado para a construtora. Nem mesmo a descrição da absorção mínima para as placas cerâmicas quando utilizadas em fachadas foram definidas.

As diferenças e oscilações de temperatura que a região apresenta podem ter contribuído para a dilatação e retração do sistema de revestimento cerâmico de fachadas. A presença de sais devido à proximidade do mar pode acelerar o processo de degradação do rejunte, quando no momento da execução, segundo RODRIGUES (1997). A fachada que apresentou os primeiros destacamentos foi de orientação noroeste, que estava sujeita a grande insolação.

Pela observação do estado do emboço e falta de presença de argamassa adesiva no tardo das placas cerâmicas destacadas, pode-se considerar que o destacamento ocorreu entre a placa cerâmica e a camada de argamassa adesiva.

A marcação dos cordões da argamassa adesiva nas placas destacadas pode ser considerada como falha na aplicação. As placas não foram levemente movimentadas e/ou pressionadas. Como consequência não houve o espalhamento e amassamento dos cordões da argamassa adesiva.

A causa imediata neste caso, poderia ter sido a falha de aderência entre a camada de argamassa adesiva e placa cerâmica.

Como causa secundária, pode-se citar a movimentação da edificação, falta de juntas, ocorrência de fadiga nas ligações entre a argamassa adesiva e a placa cerâmica, desrespeito ao “tempo em aberto” de uso da argamassa adesiva, durante a execução da aplicação ou uma combinação destes fatores.

A origem pode ser definida como falta de ensaio dos materiais, desrespeito aos procedimentos da preparação da argamassa adesiva; deficiência em projeto; desrespeito aos prazos mínimos de execução dos diferentes sistemas; execução em situações climáticas desfavoráveis; deficiência no controle de cada etapa da execução; falta de treinamento da mão de obra; ou, ainda, uma combinação destes fatores.

Os estufamentos e destacamentos ocorreram, com maior intensidade, nas fachadas com superfícies maiores de placas cerâmicas. As grandes aberturas da fachada noroeste provavelmente auxiliaram na absorção dos esforços decorrentes do recalque ou da movimentação estrutural do edifício e dilatações térmicas.

A perda de cor na argamassa de rejuntamento pode estar ligada ao detalhe do peitoril das esquadrias onde a água pluvial concentra maior volume. A falta de rejunte em alguns pontos da fachada podem se tornar passagem para a umidade.

Outra provável causa secundária ou natureza da manifestação patológica no sistema de revestimento cerâmico de fachada pode ser a ausência de quaisquer juntas de dilatação horizontais e verticais.

A origem pode estar na falha de descrição das juntas detalhadas em projeto, no desconhecimento da importância deste elemento pelo envolvidos no processo de execução, ou na falha de execução e desrespeito aos corretos procedimentos.

A falta de telas metálicas para obter estabilidade nas argamassas de emboço com espessura maior que 25 mm (NBR 13755 – ABNT 1996) e telas para combater a fissuração pode ser considerada outra causa secundária ou natureza do destacamento das placas cerâmicas da fachada.

A origem pode estar na falta de projeto específico que determinasse o uso destas telas ou no desconhecimento da importância deste elemento pelos envolvidos no processo de execução; na falta de controle e ensaios de materiais ou na falha de execução e desrespeito aos procedimentos corretos.

Os riscos de acidentes com usuários nas áreas comuns internas da edificação foram amenizados pela arquitetura do edifício, que previu cobertura para as áreas de lazer. Esta solução arquitetônica pode auxiliar na prevenção de acidentes com terceiros num possível destacamento de placas cerâmicas de fachada.

## 5.5 Edifício “C”

### 5.5.1 Dados de identificação

O edifício está situado à rua 2.500 no centro da cidade. A área total construída equivale a 1.087,00 m<sup>2</sup>. A área de recobrimento de revestimento de fachada com placas cerâmicas é igual a 310,00 m<sup>2</sup>. O edifício foi executado entre os anos de 1995 e 1996. A figura 5.22 apresenta uma vista do edifício.



5.22: Vista do edifício

### **5.5.2 Documentação**

O projeto, aprovado pela prefeitura municipal, apresenta plantas baixas dos pavimentos, cortes e fachadas. As fachadas foram desenhadas de modo genérico, sem detalhamento da paginação das placas cerâmicas. Os projetos gráficos e o memorial descritivo não apresentam detalhamento do sistema de revestimento cerâmico de fachada. Não foram previstas juntas de assentamento e movimentação em projeto. A definição de inserção de telas metálicas de combate à fissuração não é detalhada em projeto.

### **5.5.3 Localização e clima**

O edifício está localizado na terceira quadra contando a partir da orla marítima, a uma distância aproximada de 500 metros do mar. A região é composta por edifícios de média altura, de 04 a 12 pavimentos e residências unifamiliares. A topografia do local é plana. A fachada frontal está direcionada para a posição noroeste.

O terreno onde está inserido o edifício é plano e estreito, com dimensões de 13,00 x 25,00 metros. O edifício não possui afastamento frontal e anterior. Não há afastamento lateral no primeiro pavimento. A partir do segundo até o último pavimento, os afastamentos lateral direito e esquerdo são de 2,25 metros, conforme verificado em obra e definido em projeto. O primeiro pavimento não possui afastamentos laterais.

O terreno está situado no meio de quadra, sendo limitado pela lateral direita por residência unifamiliar com dois pavimentos e lateral esquerda por terreno sem benfeitorias. Possui limites frontais e anteriores por ruas.

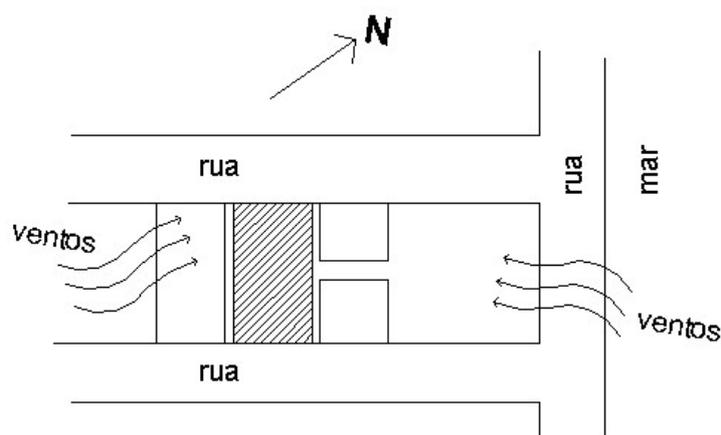


Figura 5.23: Situação do edifício

O clima da região é úmido, com diferentes picos de temperatura. Temperaturas altas no verão e baixas no inverno com alta umidade relativa do ar. Predominância de ventos sul e nordeste e combinação com chuvas freqüentes.

#### 5.5.4 Característica do projeto

O partido adotado para a elaboração do projeto foi a adoção de formas retilíneas. O edifício é retangular e simétrico. Possui volumes das sacadas ressaltadas e frisos como demarcação de esquadrias sugerem a proposta estética do edifício.

A caixa de escada em forma retangular está inserida no eixo da planta do pavimento tipo, não extremado com fachadas. A caixa de elevador localiza-se na extrema da fachada com orientação nordeste.

O peitoril das sacadas é externamente revestido com placas cerâmicas com cores de tons mais escuros, o que destaca este volume na composição do edifício. As outras superfícies de fachadas revestidas com placas cerâmicas possuem cores com tonalidades mais claras. As fachadas também possuem superfícies com acabamento em pintura em tom claro e delimitadas com frisos ressaltados.

O edifício é constituído por seis pavimentos, sendo quatro pavimentos tipo, pavimento térreo e pavimento de cobertura. No pavimento térreo estão localizadas as garagens e hall de entrada do edifício. Do segundo ao quinto pavimento encontram-se os apartamentos e no sexto pavimento está localizada a área de lazer, com salão de festas, churrasqueira e área descoberta.

O sistema de cobertura é composto por estrutura de madeira e telhas cerâmicas. A platibanda realiza o coroamento superior. O pavimento tipo é composto por dois apartamentos. Cada unidade contém dois dormitórios. A quantidade total de apartamentos é oito. Os apartamentos do segundo pavimento possuem área descoberta, proveniente da laje de cobertura do primeiro pavimento.

As principais fachadas, de orientação solar noroeste e sudeste possuem 8,00 metros. Nestas fachadas estão localizadas as aberturas das áreas privativas (dormitórios) e sociais (salas) dos apartamentos. Na fachada noroeste havia incidência de destacamento de placas cerâmicas conforme observado no local.

As aberturas do segundo dormitório de cada apartamento localizam-se nas fachadas de orientação sudoeste. Cozinhas e áreas de serviço estão localizadas na posição sudoeste da planta. As fachadas possuem composições mistas com acabamento com placas cerâmicas e pintura. Na estação do verão, a incidência solar predomina nas fachadas sudoeste, nordeste e noroeste.

#### **5.5.5 Paginação das fachadas**

O edifício era composto por superfícies planas de diferentes cores. Não havia modulação horizontal e vertical, verificado pela presença de cortes nas placas cerâmicas localizadas no final da paginação das diferentes superfícies. A modulação da placa cerâmica é de 10 cm considerando a junta de assentamento de 5mm, constatada em obra.

#### **5.5.6 Padrões de materiais e cores**

As placas cerâmicas utilizadas nas fachadas possuíam dimensão de 9,5 x 9,5cm, nas cores marrom em tons escuro e claro. Os desenhos são geométricos e limitados por elementos salientes nas superfícies das fachadas.

As placas cerâmicas formam desenhos de faixas contínuas verticais. As faixas horizontais, formadas com placas cerâmicas, na platibanda do pavimento de cobertura e segundo pavimento, criam o coroamento estético superior e inferior do edifício. As proporções utilizadas das cores nas fachadas estão descritas na tabela 5.3.

Tabela 5.3: Percentual das placas cerâmicas utilizadas nas fachadas segundo a cor e a tonalidade

Cor e tonalidade	Percentual	Área	Proporção em relação ao total das fachadas (%)
Marrom escuro	17,81	55,20	8,36
Marrom claro	82,19	254,80	38,61
Total	100	310,00	46,97

### 5.5.7 Detalhes arquitetônicos

A platibanda superior do edifício, como mostra a figura 5.24, que limita a área de lazer descoberta possui acabamento externo com placas cerâmicas. A superfície superior é plana, ressaltada e possui acabamento em reboco.

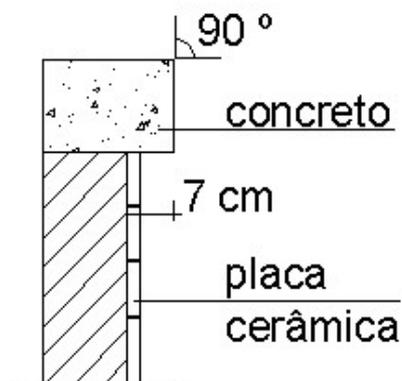


Figura 5.24: Platibanda Superior

As esquadrias são de alumínio, com marcos chumbados com argamassa e recuados 30 mm da superfície externa mais saliente. O acabamento do peitoril (pingadeiras) das janelas é de reboco e pintura sem caimento (ângulo de 90°). A placa cerâmica é ressaltada do alinhamento do reboco, resultando numa diferença de plano. O acabamento no encontro das diferentes fachadas adjacentes é realizado com o traspasse de uma das placas cerâmicas, como detalhado na figura 5.25.

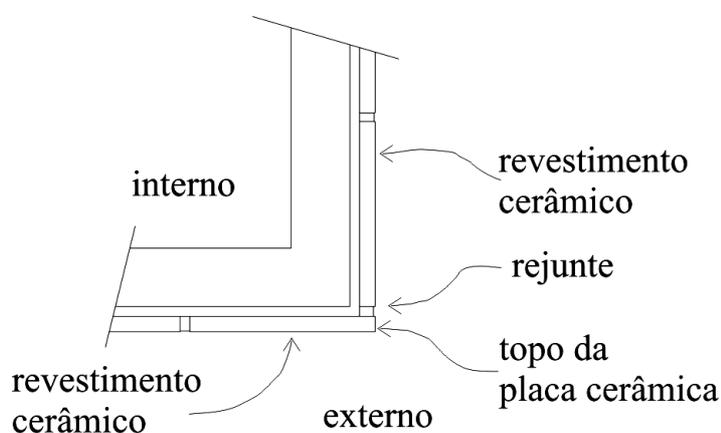


Figura 5.25: Encontro entre placas cerâmicas de fachadas adjacentes

As superfícies que compõem a arquitetura do edifício são planas com a presença de frisos (saliências) que delimitam as esquadrias ou diferença de material de acabamento, como se pode observar na figura 5.26.

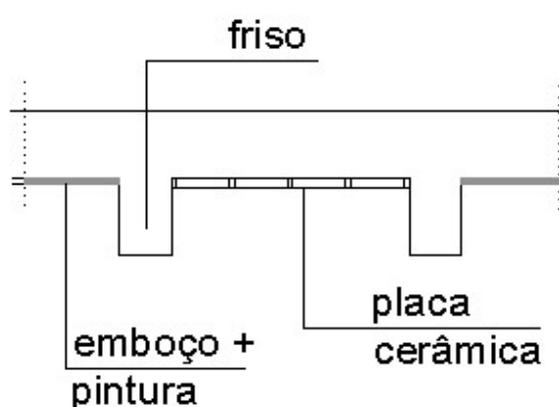


Figura 5.26: Encontro de diferentes materiais

### 5.5.8 Placas cerâmicas

As placas cerâmicas na cor marrom em tons escuro e claro tinham dimensões de 9,5 x 9,5 cm, e espessura média de 9 mm. As placas eram apresentadas unidas por pontos de cola, formando painéis de 29,5x29,5 cm. Estas placas, de acordo com laudo técnico do fabricante, possuíam absorção de água menor que 3%. Eram placas prensadas, esmaltadas e tardoaz com muratura poliorientada (cauda de andorinha). Todas as medidas foram coletadas de peças retiradas do subsistema.

### **5.5.9 Argamassa adesivas**

De acordo com o responsável pela obra, não foram utilizadas argamassas adesivas industrializadas para aplicação das placas cerâmicas.

### **5.5.10 Argamassas de chapisco e emboço**

As argamassas de chapisco e emboço utilizadas na execução do edifício foram preparadas in loco. O engenheiro não forneceu detalhes do traço de cada argamassa. A espessura média do emboço, verificada nos pontos de destacamento das placas cerâmicas foi de 3 cm.

### **5.5.11 Argamassas de rejuntamento**

Foi utilizada argamassa de rejuntamento industrializada.

### **5.5.12 Telas**

Não foi verificada a presença de telas metálicas ou membranas de qualquer natureza nas camadas do emboço danificadas. Segundo o responsável pela execução do edifício, não foi utilizado nenhum tipo de tela no sistema de revestimento cerâmico de fachadas.

### **5.5.13 Estrutura**

O edifício possui estrutura de concreto armado. Fundação com estacas de concreto e lajes pré-moldadas. De acordo com o engenheiro da obra, foi executada estrutura independente. Posteriormente foi executada a vedação, com blocos de cerâmica de 06 furos. A duração desta etapa foi de aproximadamente 08 meses.

### **5.5.14 Vedação**

Para a vedação foram utilizados blocos cerâmicos de seis furos, de acordo com o mestre de obras.

### **5.5.15 Mão de obra**

Os assentadores foram os mesmos para toda a obra, funcionários da própria construtora. Segundo o mestre de obras, não houve treinamento para as equipes sobre procedimentos de aplicação de placas cerâmicas.

### **5.5.16 Juntas de assentamento**

De acordo com medição em obra, as juntas utilizadas para assentamento tinham dimensão média de 5 mm.

### **5.5.17 Juntas de movimentação**

Conforme verificação em obra, não foram detectadas juntas de movimentação horizontais ou verticais.

### **5.5.18 Aberturas**

Todas as aberturas das fachadas são compostas por esquadrias de alumínio e vidro, levemente recuadas da superfície mais externa.

### **5.5.19 Procedimentos de execução**

Segundo o engenheiro, os procedimentos seguiram as normas técnicas. Inicialmente foi executado o chapisco. Em seguida a aplicação do emboço e aplicação da placa cerâmica sobre emboço úmido, pressionada com martelo de borracha. O engenheiro não soube definir os prazos de cada etapa.

### **5.5.20 Ensaio de materiais**

Não houve nenhum ensaio de materiais durante toda a execução. Testes de aderência também não foram realizados. A verificação do preenchimento do tardo em placas aleatórias durante a execução do revestimento era desconhecida por parte dos envolvidos na execução do edifício. Não havia presença de argamassa de emboço nas placas cerâmicas destacadas.

### **5.5.21 Manutenção pós-obra**

Não houve manutenção pós-obra.

### **5.5.22 Riscos aos usuários**

Os riscos de acidente eram médios. A manifestação patológica representava pouco da área total da fachada. A fachada que apresentou a primeira manifestação patológica foi a noroeste, que limita com a calçada, passagem de pedestres e estacionamento de automóveis. Aos usuários do edifício, em áreas internas, o risco era menor pois as áreas de lazer estavam localizadas no pavimento de cobertura.

### **5.5.23 Dados complementares**

Não houve orientação sobre procedimentos de aplicação por parte do fabricante das placas cerâmicas. Não foi solicitado nenhum tipo de consultoria ou esclarecimento sobre o sistema de revestimento cerâmico de fachadas.

### **5.5.24 Manifestações patológicas observadas**

A manifestação patológica mais presente e de maior gravidade foi o destacamento das placas cerâmicas das fachadas noroeste e sudoeste. Os primeiros destacamentos ocorreram, segundo o engenheiro responsável, no ano 1999, nas fachadas sudoeste e nordeste.

De acordo com o engenheiro e observado em obra, os destacamentos das placas cerâmicas se apresentavam de forma mais intensa sobre os elementos das estruturas de concreto, como pode ser constatado na figura 5.27. Nas placas cerâmicas que destacaram, não existiam vestígios de argamassa de emboço.



Figura 5.27: Destacamento de placas cerâmicas

Foi verificada em obra a presença de rachaduras no emboço, principalmente no balanço da laje de cobertura do pavimento térreo. Em diversos pontos da fachada, o rejuntamento apresentava perda de cor. Na fachada noroeste foi verificada a presença de estufamento no sistema de revestimento cerâmico de fachada.

#### **5.5.25 Análise**

Para a análise, utilizaram-se parâmetros da metodologia desenvolvida por CAMPANTE (2001), onde, depois da constatação da manifestação patológica, procura-se definir a provável causa imediata e, em seguida, a natureza ou causa secundária, chegando-se à possível origem.

A falha de apresentação e detalhamento no projeto executivo pode ser considerada a primeira origem do destacamento das placas cerâmicas. A ausência de especificação de juntas e telas metálicas para o combate a fissuração também podem ter contribuído para as falhas no sistema de revestimento cerâmico. Nenhum procedimento de execução dos sistemas de revestimento cerâmico de fachada foi detalhado para a construtora. Nem mesmo a descrição da absorção mínima para as placas cerâmicas quando utilizadas em fachadas foram definidas.

As diferenças e oscilações de temperatura que a região apresenta podem contribuir para a dilatação e retração do sistema de revestimento cerâmico de fachadas.

A presença de sais devido à proximidade do mar pode acelerar o processo de degradação do rejunte, quando no momento da execução, segundo RODRIGUES (1997). A fachada que apresentou os primeiros destacamentos foi de orientação noroeste, que estava sujeita a grande insolação.

Pela observação do estado do emboço e falta de presença de argamassa no tardo das placas cerâmicas destacadas, pode-se considerar que o destacamento ocorreu entre a placa cerâmica e camada de argamassa de emboço.

A causa imediata neste caso foi a falha de aderência entre a camada de argamassa de emboço e placa cerâmica.

Como causa secundária pode-se citar a movimentação estruturação da edificação; falta de juntas; argamassa de emboço de qualidade duvidosa; ocorrência de fadiga nas ligações entre a argamassa adesiva e placa cerâmica; desrespeito ao tempo de aberto da argamassa adesiva durante a execução de aplicação; ou, ainda, uma combinação destes fatores.

A origem pode ser definida como falta de ensaio dos materiais; uso de argamassa inadequada para as condições de uso; deficiência em projeto; desrespeito aos prazos mínimos de execução dos diferentes sistemas; execução em situações climáticas desfavoráveis; deficiência no controle da

cada etapa da execução; falta de treinamento da mão de obra; ou, ainda, uma combinação destes fatores.

Os estufamentos e destacamentos ocorreram com maior intensidade nas estruturas em balanço do segundo pavimento. As diferenças de materiais em diversas superfícies da fachada e os detalhes arquitetônicos, como saliência (frisos) que delimitavam estas áreas provavelmente contribuíram para um melhor desempenho na absorção dos esforços decorrentes da movimentação estrutural do edifício e dilatações térmicas.

Como a perda de cor da argamassa de rejuntamento é generalizada, ela provavelmente está ligada a falta de manutenção do sistema de revestimento cerâmico de fachada. Os detalhes das sacadas e platibandas, com o avanço do peitoril, formando pingadeiras, provavelmente auxiliou nas manchas provocadas pelo escoamento das águas pluviais nestes pontos.

Outra provável causa secundária ou natureza da manifestação patológica no sistema de revestimento cerâmico de fachada pode ser a ausência de quaisquer juntas de dilatação horizontais e verticais.

A origem pode estar na falha de descrição das juntas detalhadas em projeto, no desconhecimento da importância deste elemento pelos envolvidos no processo de execução, ou na falha de execução e desrespeito aos corretos procedimentos.

A falta de telas metálicas para obter estabilidade nas argamassas de emboço com espessura maior que 25 mm (NBR 13755 – ABNT 1996) e telas para combater a fissuração pode ser considerada outra causa secundária ou natureza do destacamento das placas cerâmicas da fachada.

A origem pode estar na falta de projeto específico que determinasse estas telas, no desconhecimento da importância deste elemento pelos envolvidos no processo de execução, na falta de controle e ensaios de materiais ou na falha de execução e desrespeito aos procedimentos corretos.

Os riscos de acidentes com usuários nas áreas comuns internas da edificação foram amenizados pela arquitetura do edifício, que previu a área de lazer no pavimento de cobertura e ausência de afastamento que resultem em áreas abertas para usuários. Esta solução arquitetônica pode auxiliar na prevenção de acidentes com terceiros num possível destacamento de placas cerâmicas de fachada.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAS**

Como observado nos três estudos de caso a ocorrência de manifestações patológicas pode gerar incômodos e riscos de segurança aos usuários, podendo impedir a difusão do uso de revestimentos cerâmicos na medida em que coloca em dúvida a eficiência e a durabilidade deste sistema construtivo.

Na cidade onde foram realizados os estudos de caso, ainda é pouco frequente o uso dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas. Dos poucos exemplares existentes na região, os edifícios dos estudos de caso A e B demonstraram manifestação patológica de alto risco, devido ao destacamento das placas cerâmicas das fachadas. Por este motivo, a credibilidade deste sistema pode ser comprometida e sua utilização limitada.

Independente do porte da edificação, como pode ser observado no edifício C, as manifestações patológicas podem também ocorrer nos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas em edifícios com menores dimensões. Nestes casos, mesmo pequenas construtoras devem possuir o conhecimento específico para a execução destes sistemas.

## **6.1 Conclusão geral**

Nos três estudos de caso deste trabalho observou-se que, apesar dos materiais utilizados apresentarem conformidade com este tipo de aplicação, a inexistência de um projeto específico de sistema de fachada, falhas de execução e falta de manutenção sistemática, contribuíram para a falta de segurança com o destacamento das placas cerâmicas, falhas na qualidade compositiva e diminuição da durabilidade das fachadas de maneira precoce.

## **6.2 Conclusões específicas quanto ao projeto de SRCF**

A falta do projeto específico de SRCF dos edifícios “A”, “B” e “C”, bem como a incompatibilidade com a proposta arquitetônica, pode ter originado as causas para a ocorrência das manifestações patológicas encontradas nestes edifícios.

Nos edifícios “A” e “B”, os destacamentos foram verificados nas fachadas com superfícies maiores de placas cerâmicas. Provavelmente a dimensão destes painéis de forma contínua contribuiu para o destacamento das placas cerâmicas. No edifício “C”, a menor dimensão de cada painel de placa cerâmica, devido a proposta e marcação da fachada a partir do projeto de obra de arquitetura, contribuiu provavelmente para o melhor desempenho deste sistema, tendo o destacamento localizado nas superfícies dos elementos estruturais de concreto nas lajes e vigas em balanço.

Nos três edifícios estudados, os primeiros destacamentos de placas cerâmicas ocorreram sobre as estruturas de concreto ou no encontro destas estruturas com a alvenaria. Fica evidenciado que provavelmente nestes pontos há uma maior exigência do desempenho do SRCF, em função das variações dimensionais e das movimentações relativas entre os elementos construtivos.

Nos três edifícios, a ausência de telas metálicas de combate à fissuração provavelmente contribuiu para o surgimento do destacamento das placas cerâmicas.

A falta de juntas de movimentação ou dilatação, nos edifícios “A”, “B” e “C”, não definidas em projeto, provavelmente contribuiu para o aparecimento do destacamento das placas cerâmicas.

Nos estudos de caso A e B, a falta de elementos de acabamento superior da platibanda e peitoris das janelas, como pingadeiras, contribuiu para o surgimento de manchas, principalmente nas argamassas de rejuntamento. No edifício “C”, apesar da falta de manutenção e limpeza das fachadas, o avanço do acabamento superior da platibanda e peitoris das janelas provavelmente contribuiu para amenizar o surgimento de manchas nas superfícies das placas cerâmicas e nas argamassas de rejuntamento.

As áreas de lazer e os salões de festas dos edifícios A e B estão localizados no primeiro pavimento e estão protegidas por lajes ou coberturas que evitam maiores riscos de segurança aos usuários no caso de destacamento de placas.

No edifício A, o avanço da laje de entrepiso do pavimento térreo, contribuiu para evitar maiores riscos de segurança aos usuários e danos materiais à terceiros como resultante do destacamento das placas cerâmicas das fachadas.

Nos três estudos de caso, as fachadas com orientação solar com maior incidência (fachadas norte e noroeste) foram as primeiras e mais afetadas pelo destacamento das placas cerâmicas. É provável que a incidência de radiação solar, contribuiu para o surgimento da manifestação patológica.

Nos três edifícios analisados, a falta de recomendações ou projeto de manutenção do SRCF pode ter contribuído para o surgimento das manifestações patológicas.

A falta do projeto específico de SRCF contribuiu para as deficiências de desempenho destes sistemas nos edifícios estudados, podendo ser colocado como a provável origem para o surgimento das manifestações patológicas observadas.

A falta de compatibilidade do projeto de SRCF com a proposta arquitetônica, o desconhecimento dos SRCF por parte dos projetistas e arquitetos e a falta do projeto de manutenção também podem ser inscritos como prováveis origens para o surgimento das manifestações patológicas nos SRCF dos edifícios estudados.

### **6.3 Conclusões específicas quanto à execução dos SRCF**

No edifício “B” ficou evidenciado o desrespeito ao tempo em aberto vencido durante a aplicação das argamassas adesivas. Este item pode ser considerado como uma das prováveis causas do destacamento das placas cerâmicas quando há o desprendimento da camada entre a placa cerâmica e a argamassa adesiva.

Nos três edifícios ficou evidenciado o desconhecimento do conjunto de procedimentos de execução dos SRCF por parte dos envolvidos no processo de execução. O desconhecimento ou o desrespeito a estes processos provavelmente contribuiu para o surgimento das manifestações patológicas.

Mais evidenciada nos edifícios A e B, a falta de juntas de movimentação ou dilatação contribuiu para o descolamento das placas cerâmicas. Nos três edifícios estudados, a utilização de telas de combate à fissuração poderiam ser utilizados para evitar o destacamento das placas cerâmicas.

A falta de telas de estabilidade do emboço no edifício A, contribuiu para o surgimento do destacamento das placas cerâmicas.

Nos três estudos de caso, as equipes de assentamento de fachadas não eram especializadas e não foram treinadas para a tarefa. A ausência deste treinamento e a falta de qualificação da mão de obra pode ser considerada

como uma provável origem no surgimento das manifestações patológicas observadas.

Nos três estudos de caso foi verificada a inexistência de relatórios de execução. A falta destes relatórios prejudicou uma melhor avaliação dos tempos de execução e prazos de cada etapa do processo. Provavelmente a elaboração destes relatórios poderia contribuir para análises posteriores à execução da edificação, bem como gerar procedimentos para a intervenção no sistema.

As técnicas utilizadas para a execução dos SRCF nos três edifícios estudados não variaram em função das bases para o recebimento do substrato, que pode ser de alvenaria ou de concreto. A falta desta distinção entre a alvenaria e os elementos de concreto pode ter contribuído para o destacamento das placas cerâmicas, principalmente nas superfícies de concreto.

Nos três edifícios não houve orientação ou acompanhamento por parte dos fabricantes das placas cerâmicas durante a execução da edificação. A falta de consultoria por parte dos fabricantes ou técnicos especializados provavelmente contribuiu para falhas de execução e o aparecimento das manifestações patológicas nestes edifícios.

Nos três edifícios estudados, não foram realizados nenhum tipo de teste, como o ensaio de aderência do emboço, durante ou após a execução do SRCF. No edifício A poderiam sinalizar a possibilidade de destacamento das placas cerâmicas ou do próprio emboço.

Mais evidenciado nos edifícios A e B, a falta de planejamento para a paginação e a composição da fachada do edifício, com excessos de recortes nas placas cerâmicas, pode ter contribuído para as falhas observadas nas fachadas.

Nos três edifícios estudados, a solução adotada para o encontro entre placas cerâmicas de fachadas adjacentes, que resulta na visualização da lateral da placa cerâmica de uma das fachadas, pode ter contribuído para o surgimento das manifestações patológicas observadas.

Durante a execução das fachadas dos três edifícios estudados, não foi verificado o preenchimento do tardez em placas cerâmicas. A falta desta verificação, mais evidenciada no edifício B, provavelmente contribuiu para o surgimento do destacamento das placas cerâmicas.

#### **6.4 Conclusões específicas quanto aos materiais**

Nos três estudos de caso, as placas cerâmicas estão em conformidade com a recomendação da norma brasileira, tanto com relação à dimensão como a absorção de água, segundo os dados técnicos fornecidos pelo fabricante.

Desta forma, pode-se afirmar que independentemente da boa qualidade da placa cerâmica, outros fatores contribuíram para o surgimento das manifestações patológicas.

No edifício B, a argamassa adesiva utilizada é a recomendada por norma. No edifício A e C, não foram utilizadas argamassas adesivas e as placas cerâmicas foram aplicadas com argamassa de cimento, cal e areia.

Como a ruptura do sistema de revestimento ocorreu na camada de emboço, pode-se indicar que o controle do traço, da qualidade dos materiais utilizados e dos procedimentos de execução deste emboço podem ter sido determinantes para o destacamento desta camada do SRCF.

No três edifícios estudados, não houve a realização de ensaios dos materiais para a execução do SRCF. A falta destes ensaios, mais evidenciada no edifício A, provavelmente contribuiu para a falta de qualidade do emboço e para o destacamento das placas cerâmicas.

#### **6.5 Conclusões específicas quanto ao desempenho do SRCF após a execução**

Mais evidenciado no edifício “C”, a movimentação estrutural nas lajes e vigas em balanço, pode ter contribuído para o aparecimento do destacamento das placas cerâmicas.

Da mesma forma nos edifícios A e B, a falta de juntas de movimentação ou dilatação, que permitisse as movimentações cíclicas e de longa duração da estrutura do edifício, provavelmente contribuiu para o destacamento das placas cerâmicas.

Nos três edifícios estudados, a falta de telas de combate a fissuração provavelmente contribuiu para o surgimento do destacamento das placas cerâmicas.

#### **6.6 Conclusões específicas quanto à segurança ao usuário**

As áreas de lazer localizadas no primeiro pavimento dos edifícios A e B, estão protegidas por lajes ou coberturas, o que diminui o risco das placas atingirem os usuários.

De forma semelhante, o avanço da laje do pavimento térreo do edifício A, onde estavam depositadas as placas que destacaram da fachada nordeste, diminui o risco das placas atingirem usuários e terceiros.

#### **6.7 Conclusões específicas quanto à manutenção**

Nos três edifícios estudados não houve manutenção do SRCF após a execução deste sistema. A falta desta manutenção provavelmente contribuiu para o aumento das manifestações patológicas.

Nos três edifícios estudados houve a falta de projetos de manutenção e recomendações para manutenção dos SRCF. A falta deste projeto ou das recomendações provavelmente contribuiu para o aparecimento das manifestações patológicas nestes edifícios.

Nos três edifícios analisados, não havia previsão ou condições para a realização de possíveis manutenções. A falta desta estrutura pode ter contribuído para o surgimento e o agravamento das manifestações patológicas.

### **6.8 Recomendações para o aumento da qualidade dos SRCF**

A partir das análises e dos resultados obtidos nos três estudos de caso pode-se recomendar um conjunto de ações que visam melhorar o desempenho, a qualidade e a durabilidade destes sistemas:

- Incrementar as orientações e acompanhamento dos fabricantes de placas cerâmicas nos procedimentos de execução dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas com fornecimento de boletins técnicos e projetos específicos, utilizando-se dos departamentos de tecnologia ou assistência técnica destas empresas;
- Intensificar a transferência de tecnologia por parte dos especialistas de sistemas de revestimentos cerâmicos para os profissionais da área da construção civil, principalmente construtoras que atuam com estes sistemas e regiões com maior utilização de placas cerâmicas em fachadas;
- Incrementar a formação de mão de obra especializada;

- Aumentar a interação entre arquitetos, projetistas e construtores com os especialistas em sistemas de revestimento cerâmico de fachadas;
- Desenvolver material instrucional para apoiar os construtores da região e difundir as vantagens do uso do sistema de revestimento cerâmico, dando subsídios e segurança para estes empreendedores e aumentando a lucratividade da cadeia produtiva, dos projetistas, arquitetos, fabricantes, construtores e profissionais qualificados de assentamento.

### **6.9 Recomendações para a elaboração de projetos e execução de SRCF**

Em função de grande parte das manifestações patológicas ser decorrente de falhas ou da ausência de definição nas fases de projeto, pode-se recomendar um conjunto de ações e procedimentos, tais como:

- Elaborar o projeto específico de sistemas de revestimento cerâmico, considerando a paginação das fachadas, a definição das juntas de movimentação, das juntas de assentamento e o uso de telas metálicas de combate à fissuração em áreas de possível movimentação excessiva;
- Utilizar telas metálicas de combate à fissuração e estabilidade do emboço, principalmente em emboço com espessuras maiores que 2,5 cm;
- Exigir a elaboração do projeto executivo dos sistemas de revestimento cerâmicos, por parte dos fabricantes, engenheiros calculistas e arquitetos com compatibilização dos projetos arquitetônicos de fachada;
- Aplicar o controle tecnológico em obra;
- Exigir relatórios de controle da execução;

- Usar técnicas de aplicação de argamassas de chapisco e emboço que resultem em aumento de aderência, principalmente sobre superfícies lisas, como concreto;
- Exigir acompanhamento sistemático dos arquitetos e projetistas durante a fase de execução dos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas;
- Criar cursos de treinamento para as equipes de assentamento;
- Efetuar controle periódico de qualidade de assentamento com retirada de placa cerâmicas no período de execução e verificação do preenchimento do tardo;
- Observar o prazo de execução e espera entre a execução das diferentes etapas;
- Requisitar ensaios de materiais, de acordo com o porte da obra e as características das fachadas;
- Liberar o emboço somente após a realização de testes de resistência a aderência;
- Avaliar possíveis movimentações em marquises e elementos em balanço;
- Elaborar o projeto de manutenção periódica de sistemas de revestimento cerâmico de fachadas e disponibilidade deste projeto para o condomínio.  
Ex: verificação do selante das juntas de movimentação a cada período de 05 anos;
- Estabelecer maior integração entre empresas do setor cerâmico e outras empresas da construção civil para propor soluções alternativas e compatibilizadas com sistemas de fachadas pré-fabricadas;

- Planejar e dimensionar as juntas de assentamento, evitando recortes desnecessários nas placas cerâmicas;
- Propor acordo com órgãos municipais para a inclusão de exigências de segurança nos códigos de obra para os sistemas de revestimento cerâmico para fachadas.

#### **6.10 Recomendações para propostas arquitetônicas que envolvam SRCF**

Evidentemente procura-se melhorar as técnicas para diminuir a frequência de ocorrências de manifestações patológicas, principalmente destacamento de placas cerâmicas. Entretanto, os arquitetos podem estar mais envolvidos no processo e elementos arquitetônicos podem auxiliar na prevenção de acidentes, riscos aos usuários ou perda material em possíveis destacamentos de placas cerâmicas.

Algumas soluções arquitetônicas podem amenizar o risco de acidentes ou a própria ocorrência de manifestações patológicas:

- Lajes ou elementos como floreiras avançadas em pavimentos inferiores;
- Áreas de lazer cobertas que estejam localizadas na projeção das fachadas;
- Afastamentos nos pavimentos superiores;
- Aberturas com maiores dimensões;
- Sistemas de revestimento cerâmico de fachadas com dimensões (área de superfície) menores;
- Saliências ou reentrâncias nas superfícies, resultando descontinuidade na fachada;

- Peças avançadas (mais largas) em topos de platibandas e peitoris de esquadrias;
- Marcação arquitetônica explorando as juntas de movimentação;
- Proposta espacial que amenize a incidência direta da radiação solar.

### **6.11 Recomendações para o desenvolvimento de futuros trabalhos**

- Buscar novas tecnologias para a aplicação das placas cerâmicas em SRCF;
- Analisar o desempenho das argamassas adesivas para aplicação de placas cerâmicas e de porcelanatos com formatos maiores que 400 cm<sup>2</sup> em SRCF;
- Analisar projetos de obra de arquitetura considerando os elementos e soluções propostos para amenizar as ocorrências de manifestações patológicas em SRCF;
- Avaliar a transferência de tecnologia entre fabricantes, projetistas, construtores e assentadores dos sistema de revestimento cerâmico em fachadas;
- Analisar o desempenho da utilização das placas cerâmicas em sistemas de fachadas pré-fabricadas;
- Avaliar a durabilidade de revestimentos aderidos;
- Avaliar custos de manutenção e uso dos SRCF.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento – NBR 13755.** Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia – NBR 13816.** Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **Placas cerâmicas para revestimento – Classificação - NBR 13817.** Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **Placas cerâmicas para revestimento: especificação e métodos de ensaios - NBR 13818.** Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica - Especificação - NBR 14081.** Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica - Determinação do tempo em aberto - NBR 14083.** Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas de cerâmica - Determinação da resistência de aderência - NBR 14084.** Rio de Janeiro, 1998.

AKIAMA, S. Y.; MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Flexibilidade de argamassas adesivas.** In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2, Salvador. 1997. **Anais.** Bahia, 1997. p. 233-245.

ALMEIDA, A. H.; NEVES, C.; GOMES, A., ALELUIA, K. **Análise do comportamento da argamassa colante em função da técnica de aplicação.** In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 1, Goiânia. 1995. **Anais.** Goiás, 1995. p. 187-192.

AMBROSE, J. **Building Construction and design.** New York, Van Nostrand Reinhold, 1992.

- ANFACER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO. **Relatório do Setor de Cerâmica para Revestimento no Brasil**. 2004.
- AURÉLIO, B. H. F. **Dicionário Aurélio – Século XXI**. Ed. Nova Fronteira. São Paulo, SP. 1999.
- BARROS, M. M. S. B. et al. **Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria**. São Paulo, Projeto EPUSP/SENAI, 1998.
- BARTH, F. **Análise do comportamento das juntas seladas nas fachadas pré-fabricadas de concreto armado**. Seminário Internacional NUTAU, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- BARTH, F. **Fachadas: Arquitetura, Ambiente e Tecnologia**. In.: Congresso Paranaense do Ambiente Construído CONPAC, II. Londrina, 2001. **Anais**. Londrina.
- BARTH, F. **La acción de las lluvias con vientos em las fachadas de los edificios**. In.: Conferencia Internacional sobre Confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones COTEDI 2000, Maracaibo, 2000. **Memorias**. Maracaibo, Venezuela. p. 283 – 288.
- BAUER, R. **Descolamento em revestimentos cerâmicos, análises e recomendações**. In Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas ANTAC, Goiânia, 1995. **Anais**. Goiânia. p. 193-201.
- BUCHER, Hans R. E.; NAKAKURA, E. H. **Argamassas colantes flexíveis**. In.: III Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Espírito Santo, 1999. **Anais**. Vitória, Espírito Santo. p. 417 – 424
- CAMPANTE, E. F. **Metodologia de diagnóstico, recuperação e prevenção de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachadas**. São Paulo, 2001. 407p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

- CAMPANTE, E. F.; PASCHOAL, J. O. A. **Procedimientos para la reparacion de manifestaciones patológicas em revestimientos cerámicos de fachada**. In: QUALICER 02 VII World Congress on Tile Quality, Castellon, 2002. **Proceedings**. Castellon Spain, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación; Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales, 2002, p. 33-44.
- CAMPANTE, E. F.; SABBATINI, F. H. **Durabilidade de revestimentos cerâmicos de fachada**. In.: Congresso Iberoamericano de Patologia de lãs Construcciones, V, CONPAT, Montevideo, 1999. **Anais**. Montevideo. p. 183-191
- CAMPANTE, E. F.; SABBATINI, F. H. **Durabilidade dos revestimentos cerâmicos de fachada e sua influência na qualidade e segurança das edificações**. In Seminário Internacional NUTAU 2000 Tecnologia & Desenvolvimento, São Paulo, 2000. **Anais**. São Paulo.
- CAPOZZI, S. Fachada: atração fatal. **Construção Norte Nordeste**, n.274, 1996. p. 14-19.
- CASIMIR, C. **Testing, evaluation and diagnostics**. In: International Conference On Building Envelope Systems And Technology. Singapore, 1994. **Proceedings**. Singapore, 1994. p.79-84.
- CIRIA. **Wall Technology: Performance requirements**. Special Publication 87. Construction Industry Research and Information Association. 1992. London
- ESQUIVEL, J. F. T.; SIMÕES, J. R. L. **Uso dos revestimentos cerâmicos na cidade de São Paulo: prédios residenciais, região sul**. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC 2002, Paraná, 2002. **Anais**. Foz do Iguaçu, Paraná.
- FIORITO, A. J. S. **Manual de argamassas e revestimento: estudos e procedimentos de execução**. São Paulo, Ed. Pini, 1994.
- FLAIN, E. P.; SABBATINI, F. H. **Alguns aspectos da produção de revestimentos de fachadas de edifícios com placas pétreas**. São Paulo, 1995. 25p. Boletim Técnico da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

- FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Nobel, 2ª edição, 1995.
- GOLDBERG, R. P. **Detalles arquitectônicos de fachadas cerámicas adheridas directamente sobre el subtrato**. In.: QUALICER 02 VII World Congress on Tile Quality, Castellon, 1998. **Proceedings**. Castellon Spain, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación; Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales, 1998, p. 201 -222.
- GOLDBERG, R. P. **Revestimientos exteriores con adherencia directa de azulejos cerámicos, piedra y ladrillos caravista**. Manual de diseño técnico. USA, 1998.
- GOMES, M.F.N. et al. **Patologia em fachadas de edifícios com mais de cinco pavimentos na cidade de Maceió/AL**. In.: Congresso Ibero Americano de Patologia das Construções, IV. Porto Alegre, 1997. Anais. Porto Alegre, 1997. p. 419-425.
- JEKOT, B. P. **Una fachada cerámica que proporciona control ambiental - la pantalla solar cerámica del banco de los países bajos de Durban**. In: QUALICER 02 VII World Congress on Tile Quality, Castellon, 2002. **Proceedings**. Castellon Spain, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación; Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales, 2002, p. 145 - 151.
- JONES, P. J. **Estudio de la calidad de adhesivos y morteros para colocacion de baldosas cerámicas**. In: QUALICER 92 II World Congress on Tile Quality, Castellon, 1992. **Proceedings**. Castellon Spain, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación; Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales, 1992. p. 447-460.
- JUST, A.; FRANCO, L. S. **Descolamentos dos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife**. São Paulo, 2001. Boletim Técnico da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

- KRISTELLER, Mário G. **Argamassas colantes industrializadas: experiência com dados de laboratório de projetos de norma da ABNT**. In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2, Salvador. 1997. **Anais**. Bahia, 1997. p. 219-232.
- LEHMKUHL, F. A.; BARTH, F. **Caracterização da adequação térmica e construtiva de fachadas com placas de porcelanato**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC 2000, Salvador, 2000. **Anais**. Salvador, Bahia. p. 1237 – 1243
- LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções: procedimentos para formulação do diagnóstico de falhas e definição da conduta adequada à recuperação de edificações**. São Paulo, 1985. 191p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- LIMA, L. C.; SICHIERI, E. P. **Desenvolvimento e qualidade dos revestimentos cerâmicos**. In.: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC 1998, Florianópolis, 1998. **Anais**. Florianópolis. p. 407 – 413.
- LIMA, L. C.; SICHIERI, E. P.; GONÇALVES, P. S. **Parâmetros para utilização dos revestimentos cerâmicos**. In Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC 1998, Florianópolis, 1998. **Anais**. Florianópolis. p. 415-422 .
- LINCHO, P. R. P. **A terminologia para o desenho de arquitetura**. Coleção DESED, v. 1. 108 p. Ed. Universitária. Universidade Federal de Pelotas.
- LORDSLEEM, A. C.; SOUZA, J. C. S.; MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. **Resistência de aderência de revestimentos cerâmicos**. In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2, Salvador. 1997. **Anais**. Bahia, 1997. p. 259-270.
- MACIEL, L. L.; HIRONAKA, O. I.; MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Estudo das propriedades das argamassas colantes: deslizamento e tempo em aberto**. In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2, Salvador. 1997. **Anais**. Bahia, 1997. p. 246-258.

- MAS, E. **O tempo em aberto das argamassas colantes.** In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 1, Goiânia. 1995. **Anais.** Goiás, 1995. p. 203-216
- MEDEIROS, J. S. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachada de edifícios.** São Paulo, 1999. 458p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Designing ceramic tile building façades.** In: QUALICER 98 V World Congress on Tile Quality, Castellon, 1998. **Proceedings.** Castellon Spain, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación; Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales, 1998, p. 83-100.
- MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H.; AKIAMA, S. Y. **Flexibilidade de morteros adesivos: um estudo experimental.** In: QUALICER 02 VII World Congress on Tile Quality, Castellon, 1998. **Proceedings.** Castellon Spain, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación; Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales, 1998, p. 3 - 11.
- MENEGAZZO, A. P. M.; PASCHOAL, J. O. A., ANDRADE, A. M.; GOUVÊA, D.; CARVALHO, J. C. **Evaluación de las propiedades técnicas del grés porcelánico y granito.** In: QUALICER 02 VII World Congress on Tile Quality, Castellon, 2002. **Proceedings.** Castellon Spain, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación; Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales, 2002, p. 211 - 229.
- MIBIELLI, J. G. **Estudos da aderência de revestimento cerâmicos externos.** Florianópolis, 1994. 148p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- MIBIELLI, J. G. **Levantamento de campo de variáveis envolvidas na aderência do revestimento cerâmico.** In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2, Salvador. 1997. **Anais.** Bahia, 1997. p. 271 – 283.

- MIBIELLI, J. G.; ROMAN, H. R. **Influência da cor e do tipo de revestimento na aderência de revestimento cerâmico de fachada.** In.: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil, Florianópolis, 1996. **Anais.** Florianópolis, Santa Catarina. p. 572-581
- MORAIS, A. F. de; RESENDE, M. de F. **Revestimento de fachadas: projeto de produção para melhoria da qualidade.** Boletim Técnico. Universidade de Pernambuco. 2000. 15p.
- PAES, I. N. L.; CARASEK, H. **Desempenho das argamassas de rejuntamento e da junta de assentamento no comportamento térmico do sistema de revestimento cerâmico.** In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC 2002, Paraná, 2002. **Anais.** Foz do Iguaçu, Paraná. p. 1795 – 1804.
- PALOMERO, M. D. V. **Recubrimientos cerâmicos, acabados con futuro?** In.: QUALICER 02 VII World Congress on Tile Quality, Castellon, 2002. **Proceedings.** Castellon Spain, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación; Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales, 2002, p. 153-175.
- PEIXOTO, F. **The use of wall and floor tiles in ultra-modern brazilian architecture.** In.: QUALICER 92 II World Congress on Tile Quality, Castellon, 1992. **Proceedings.** Castellon Spain, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación; Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales, 1992, p. 57-60.
- PERRY, J. C.; WEST, D. G. **Principles of external tiling design.** In.: International Conference on Building Envelope Systems and Technology. **Proceedings.** Singapore, 1994. p. 85-90.
- PÓVOAS, Y. V.; JOHN, V. M. **Resistência de aderência x tempo após espalhamento das argamassas colantes.** Artigo Técnico. Universidade de São Paulo.

- PÓVOAS, Y. V.; JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **A influência do HEC e do PVAC na perda de água por sucção das argamassas colantes.** In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Vitória, 1999. **Anais.** Vitória. p. 405 – 416.
- \_\_\_\_\_. **Influência da perda de água por evaporação na resistência de aderência entre argamassa colante e placa cerâmica.** In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Brasília, 2001. **Anais.** Brasília. p. 307 – 320.
- PROPSTER, H. **Lesiones en los edificios: Sintomas, causa y reparacion.** Barcelona, CEAC, 1980.
- REVESTIMENTO de fachadas. **Revista Cerâmica.** n.2, 1999. p. 22-23.
- RODRIGUES, J. Por que granitos, mármore e cerâmicas caem das fachadas? **Recuperar.** Nov./dez. 1997. p. 27-34.
- ROIG, A. M. P. **Reflexiones sobre la utilizacion de la cerámica arquitectónica en exteriores.** In.: QUALICER 02 VII World Congress on Tile Quality, Castellon, 2002. **Proceedings.** Castellon Spain, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación; Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales, 2002, p. 23 - 32
- ROMAN, L.M.F; SAGAVE, A.; ROMAN, H. R.; ALARCON, O. **Análise da resistência de aderência em sistemas de revestimentos cerâmicos submetidos a ciclos higrotérmicos.** Artigo Técnico. Universidade Federal de Santa Catarina.
- SABBATINI, F.H.; BARROS, M.M.S.B. **Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria.** Escola Politécnica da USP, PCC. São Paulo. 1990.
- SARAIVA, A. G.; BAUER, E.; BEZERRA, L. M. **Análise das tensões entre argamassa colante e placas cerâmicas submetidas a esforços de natureza térmica.** In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído ENTAC 2002, Paraná, 2002. **Anais.** Foz do Iguaçu, Paraná.

- SARAIVA, A. G.; BAUER, E.; BEZERRA, L. M. **Efeito da temperatura nas tensões em sistemas de revestimento cerâmico de fachada.** In.: III Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Espírito Santo, 1999. **Anais.** Vitória, Espírito Santo. p. 553 - 565
- THURLER, C. L.; FERREIRA, V. A. **A evolução da resistência de aderência de algumas argamassas colantes nacionais.** In.: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 1, Goiânia. 1995. **Anais.** Goiás, 1995. p. 177-186
- TRISTÃO, F. A.; LORDÊLLO, F. S. S.; TINTI, M. W. M.; MATTOS, Flavio V. **Influência da forma e dimensão da desempenadeira denteada, no assentamento de placas cerâmicas com argamassa colante industrializada.** In.: III Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Espírito Santo, 1999. **Anais.** Vitória, Espírito Santo. p. 677 - 687
- VERDUCH, A. G.; SOLANA, V. S. **Velos, florecencias y manchas em obras de ladrilho.** Castellón Spain, Faenza Editrice Iberica S.L., 1999.
- WONG, C.W. **Physical, mechanical, chemical and visual tests for tile failure investigation – case study.** In.: QUALICER 96 IV World Congress on Tile Quality, Castellón, 1996. **Proceedings.** Castellón Spain, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación; Colegio Oficial de Ingenieros Superiores Industriales, 1996, p. 589-598.