

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Engenharia**  
**Curso de Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído**

Lucas Felipe de Abreu Santos

**PATOLOGIAS EM FACHADAS: degradações em revestimentos  
cerâmicos de fachadas**

Belo Horizonte  
2021

Lucas Felipe de Abreu Santos

**PATOLOGIAS EM FACHADAS: degradações em revestimentos cerâmicos de fachadas**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Especialização : Produção e Gestão do Ambiente Construído, da Escola de Engenharia da UFMG.

Orientadores: Profa. Dra. Cristiane Machado Parisi Jonov

Belo Horizonte  
2021

S237p

Santos, Lucas Felipe de Abreu.

Patologias em fachadas [recurso eletrônico] : degradações em revestimentos cerâmicos de fachadas / Lucas Felipe de Abreu Santos. – 2021.

1 recurso online (60 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Cristiane Machado Parisi Jonov.

Coorientador: Adriano de Paula e Silva.

“Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais”

Bibliografia: f. 53-60.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Materiais de construção. 3. Fachadas. 4. Patologia de construção. 5. Revestimentos. I. Parisi Jonov, Cristiane Machado. II. Silva, Adriano de Paula e. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 691

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Reginaldo César Vital dos Santos CRB/6 2165  
Biblioteca Prof. Mário Werneck, Escola de Engenharia da UFMG

# CEPGAC

Universidade Federal de Minas Gerais  
Escola de Engenharia  
Departamento de Engenharia de Materiais e Construção  
Curso de Especialização: Produção e Gestão do Ambiente Construído



## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: LUCAS FELIPE DE ABREU SANTOS

MATRÍCULA: 2018718279

### RESULTADO

Aos 04 dias do mês de maio de 2021 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“PATOLOGIAS EM FACHADAS: DEGRADAÇÕES EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 86

CONCEITO: B

### BANCA EXAMINADORA:

Nome  
Prof.ª. Dr.ª. Cristiane Machado Parisi Jonov

Assinatura  
Cristiane Machado  
Paris:89497244649  
Assinado de forma digital por  
Cristiane Machado  
Paris:89497244649  
Dados: 2021.05.06 14:34:43 -03'00'

Nome  
Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva

Assinatura  
Adriano de Paula e  
Silva:36512460600  
Assinado de forma digital por  
Adriano de Paula e  
Silva:36512460600  
Dados: 2021.05.06 14:36:25 -03'00'

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA NA ÁREA DE "SUSTENTABILIDADE E GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUIDO"

Belo Horizonte, 04 de maio de 2021

Coordenador do Curso

Prof. Antonio Neves  
de Carvalho Júnior  
Coordenador do Curso

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus primeiramente, por me dar forças e resiliência, para conseguir preparar essa monografia, em meio a uma crise sanitária e econômica que vitimiza todo o mundo. Agradeço a minha mãe por ter me apoiado, sempre mencionado que o estudo é o melhor caminho para adquirir senso crítico.

Agradeço a todos os professores da UFMG do Curso de Especialização em Construção Civil e a secretária do curso pela dedicação e incentivo.

A minha orientadora, Professora Cristiane Machado Parisi Jonov, pelo auxílio no desenvolvimento desta monografia.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo aferir os tipos de degradações em fachadas, o que pode ser feito para evitar tais patologias e melhorar sua vida útil. Busca – se analisar as origens e causas que provocam as principais manifestações patológicas em revestimentos de fachadas. O trabalho tratará de algumas degradações nas fases de projetos, execução e manutenção. Enfatiza as normas e orientações vistas na revisão bibliográfica para a adequada aplicação de revestimentos cerâmicos de fachada. Este estudo busca identificar as principais manifestações patológicas que levam as fachadas a se degradarem, assistido de um estudo de caso que foram analisadas degradações em uma fachada de revestimentos cerâmicos na cidade de Pará de Minas.

Palavras chave: Fachadas, revestimentos, patologias, degradações, manutenção.

## **ABSTRACT**

This work aims to assess the types of façade degradation, which can be done to avoid such pathologies and improve their useful life. It seeks to analyze how origins and causes that provoke the main pathological manifestations in façade coverings. The work will deal with some degradations in the design, execution and maintenance phases. Emphasizes the norms and guidelines seen in the bibliographic review for the application of ceramic facade coverings. This study seeks to identify the main pathological manifestations that lead to façades to degrade, assisted by a case study that analyzed degradations in a facade of ceramic tiles in the city of Pará de Minas.

.

Keywords: Facades, coverings, pathologies, degradations, standards, maintenance.

## **LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIações**

(ABNT) Associação Brasileira de Normas Técnicas

(BSI) British Standard Institution

(EPU) Expansão por Umidade

(LEM -UnB) LABORATÓRIO ENSAIO DE MATERIAIS - Universidade de Brasília

(SVVE) Sistemas de Vedações Verticais Externas

(SVVIE) Sistema de Vedações Verticais Internas e Externas

(VU) Vida Útil

(VUP) Vida Útil Projeto

## **LISTA DE FIGURAS**

**Figura 3.1** - Desempenho ao longo do tempo.

**Figura 3.2** - Principais fatores envolvidos no desempenho em serviço do edifício.

**Figura 3.3** - Distribuição percentual de patologias em edifícios com 10 anos e 40 anos.

**Figura 3.4** - Influência das atividades de manutenção no cumprimento dos níveis mínimos aceitáveis.

**Figura 3.5** - Detalhes da geometria de pingadeiras em fachadas e sua influência no escoamento da água.

**Figura 3.6** - Curva S-N para argamassas.

**Figura 3.7** - Solicitação do revestimento à tração e compressão.

**Figura 3.8** - Velocidade do vento.

**Figura 3.9** - Fissuras em revestimento cerâmico.

**Figura 3.10** - Descolamento na fachada.

**Figura 3.11** - Desplacamento na fachada.

**Figura 3.12** - Eflorescência.

**Figura 3.13** - Falhas nos rejuntas.

**Figura 3.14** - Falhas nas juntas de movimentação.

**Figura 3.15** - Juntas de dessolidarização.

**Figura 3.16** - Curvas degradação de fachadas.

**Figura 4.1** - Fachada da edificação.

**Figura 4.2** - Detalhe da fachada com patologias nos revestimentos cerâmicos.

## **LISTA DE TABELAS**

**Tabela 3.1** – Classificação de revestimento cerâmico quanto à absorção de água.

**Tabela 4.1** - Vida Útil de Projeto mínima e superior (VUP)

**Tabela 4.2** - Exigências do usuário (adaptado da ABNT NBR 15575-1:2013)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
1.1.2 <b>Objetivos específicos</b> .....	<b>14</b>
<b>2. DIAGNÓSTICOS E MECANISMOS UTILIZADOS</b> .....	<b>15</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1 SISTEMA DE REVESTIMENTO</b> .....	<b>16</b>
<b>3.2 CONSTITUINTES DOS REVESTIMENTO PARA FACHADAS: ARGAMASSADAS, CERÂMICAS E VENTILADAS</b> .....	<b>17</b>
3.2.2 <b>Emboço</b> .....	<b>17</b>
3.2.3 <b>Reboco</b> .....	<b>17</b>
3.2.4 <b>Argamassa colante</b> .....	<b>18</b>
3.2.5 <b>Revestimentos cerâmico</b> .....	<b>18</b>
3.2.6 <b>Sistema fachadas ventiladas</b> .....	<b>18</b>
<b>3.3 REVESTIMENTOS CERÂMICOS</b> .....	<b>19</b>
<b>3.4 ELEMENTOS INFLUENCIADORES NAS DEGRADAÇÕES DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS</b> .....	<b>20</b>
3.4.1 <b>Vida Útil das edificações</b> .....	<b>20</b>
3.4.2 <b>Manutenção</b> .....	<b>22</b>
3.4.3 <b>Durabilidade e uso</b> .....	<b>26</b>
<b>3.5 ALGUMAS CAUSAS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS</b> ....	<b>28</b>
3.5.1 <b>Radiação Solar</b> .....	<b>28</b>
3.5.2 <b>Umidade</b> .....	<b>29</b>
3.5.3 <b>Temperatura</b> .....	<b>31</b>
3.5.4 <b>Chuvas</b> .....	<b>35</b>
3.5.5 <b>Vento</b> .....	<b>36</b>
<b>3.6 PATOLOGIAS COMUNS EM FACHADAS</b> .....	<b>37</b>
3.6.1 <b>Análise da VUP</b> .....	<b>45</b>
3.6.2 <b>Curvas de degradação</b> .....	<b>47</b>

<b>4. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1 Descrição do estudo de caso.....</b>	<b>50</b>
<b>4.2 Principais patologias constatadas no edifício.....</b>	<b>51</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>53</b>
<b>6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>

## INTRODUÇÃO

As fachadas das edificações sempre foi um sistema construtivo de grande relevância na construção civil, sendo elas argamassadas, cerâmicas, ventiladas e entre outras tecnologias usadas, como os sistema de painéis solares integrados às fachadas.

Segundo Siqueira Júnior (2003), a fachada é um elemento fundamental para a valorização de uma edificação, suas funções estão diretamente ligadas ao desempenho térmico e acústico das edificações, junto a cobertura, formam o envoltório da edificação, sendo assim, responsáveis pela conservação das condições ambientais internas.

Pelo fato das fachadas serem ambientes externos, estão expostas às alterações climáticas, chuva, vento, sol. Por esse motivo, deve-se atentar para escolha do tipo de método construtivo a ser usado nas fachadas, e especificamente quando se tratar de revestimentos cerâmicos, com baixa expansão por umidade e calor, e baixas absorções de água. Portanto, os revestimentos de fachadas exigem mais atenção e cuidados, sobretudo por estarem em condições desfavoráveis de maior exposição a intempéries e variações de temperatura, umidade e ventilação. Mesmo assim, o processo de especificação e projeto de fachadas geralmente não é feito com planejamento muito detalhado, sendo poucos os parâmetros de seleção e especificação (BAUER, R, 1995).

Segundo Medeiros e Sabatini (1999) revestimento cerâmico de fachada de Edifícios é o conjunto monolítico de camadas (inclusive o emboço de substrato) aderidas à base suportante da fachada do edifício (alvenaria ou estrutura), cuja capa exterior é constituída de placas cerâmicas, assentadas e rejuntadas com argamassa ou material adesivo.

A fim de demonstrar as degradações nos revestimentos cerâmicos, no qual é uns um dos materiais mais usados nas fachadas no Brasil, constatou-se no presente trabalho, que as patologias em revestimentos de fachadas, podem ser por causa de vários mecanismos, como; deslocamento, deslocamento, desagregação, falhas nas juntas, fissuras, trincas, manchamento, deterioração de placas cerâmicas, entre outras. Os tipos de manifestações patológicas podem ser causadas por materiais que não foram adequadamente testados e em conformidade com os requisitos e critérios

de desempenho (NBR 13749:2013). Observa-se no mercado da construção civil a busca do menor preço, a incorreta execução e o mau entendimento dos materiais também tem sido um forte aliado das manifestações patológicas, o que vem proporcionando o crescimento de patologias.

As patologias dos revestimentos cerâmicos aderidos nas fachadas passaram a ser uma grande preocupação para os incorporadores, construtores e assunto recorrente de pesquisa a ponto de levar a diminuição do uso desta tecnologia (PEZZATO, 2010).

Fachadas que apresentam manifestação patológica principalmente em idades precoces devem ser avaliadas no sentido de verificar quais fenômenos de degradação conduziram à perda de sua funcionalidade e, por conseguinte, provocaram um envelhecimento prematuro em função da vida útil prevista (SILVESTRE; BRITO, 2011).

Importante destacar que a (ABNT NBR 15575-1:2013) trouxe uma nova visão no que tange aos aspectos relacionados ao edifício, pois coloca em norma conceitos de vida útil, durabilidade, desempenho para o edifício e suas partes que no Brasil eram mais acadêmicas. Antes de 2013 a preocupação com vida útil, desempenho e segurança de edifícios, no Brasil, estava relegada somente para as estruturas de concreto (ABNT NBR 6118:2013).

## **1.1 OBJETIVOS**

O objetivo do presente trabalho é diagnosticar a origem das degradações nas fachadas, avaliar os mecanismos para o desempenho das fachadas.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Aferir o que pode ser feito para evitar tais patologias nos revestimentos cerâmicos de fachadas, de acordo com as patologias especificadas;
- Analisar as origens e causas que provocam as principais manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachadas;
- Verificar inibidores que podem influenciar na vida útil das fachadas de acordo com as normas relacionadas aos revestimentos de fachadas;
- Verificar barreiras de atendimento às normas relacionadas aos revestimentos cerâmicos de fachadas e o conhecimento técnico dos profissionais envolvidos.
- Apresentar o estudo de caso identificando os tipos de degradações na edificação de uma fachada de revestimentos cerâmicos na cidade de Pará de Minas.

## 2. DIAGNÓSTICOS E MECANISMOS UTILIZADOS

Os mecanismos utilizados na realização deste trabalho foram baseados em uma estrutura bibliográfica, baseando-se nas degradações das fachadas e sobre levantamentos de informações e realização de um estudo de caso em uma edificação na cidade de Pará de Minas.

Realizou-se uma pesquisa baseada em normas, livros e artigos a respeito de revestimento de fachada, concepções de sistematização de forma qualitativa de danos de descolamento cerâmico, falha de rejunte, fissuras, eflorescência e falha de vedação. Apresentam-se as amostras de degradação propostos e a forma de avaliação da extensão desses danos nas fachadas, de degradação e estimativa da vida útil.

Para entender melhor o conceito de desempenho, durabilidade e vida útil de projeto das construções, e a relação com os revestimentos cerâmicos de fachadas. Foi feito vistoria no local e as abordagens aos envolvidos na recuperação da fachada, para esclarecer os métodos utilizados na recuperação e a capacitação dos profissionais envolvidos na manutenção corretiva da edificação

A partir do estudo feito na revisão bibliográfica, foi possível a análise das características dessas degradações. Dessa maneira , pode ser feita a avaliação das possíveis causas das patologias, recorrentes revestimentos cerâmicos de fachadas.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 SISTEMA DE REVESTIMENTO**

Os revestimentos de fachadas são constituídos de camadas superpostas e intimamente ligadas, integrada pela estrutura base de alvenarias, camadas contínuas de argamassa e revestimento final, que em meio a diversos fatores, apresentam a proteção que tem a função de proteger os espaços interiores das condições adversas do exterior. Os principais agentes pode-se citar a chuva, umidade ascensional, radiação solar, além de trocas de calor e vapor entre a superfície e o ambiente, além de dar acabamento estético (BAUER, 1987; FLORES-COLEN; BRITO; FREITAS, 2010; JORNE, 2010).

Os revestimentos servem como barreira para os diversos agentes, as fachadas devem proporcionar conforto higrotérmico, acústico e segurança relacionada às ações excepcionais (NASCIMENTO, 2016). De acordo com a (ABNT NBR 15575 – 4, 2013) o sistema de fachadas devem apresentar estabilidade e resistência estrutural dos sistemas de vedação internos e externos, apresentar nível de segurança considerando-se as combinações de ações passíveis de ocorrerem durante a vida útil da edificação habitacional ou do sistema.

## **3.2 CONSTITUINTES DOS REVESTIMENTO PARA FACHADAS: ARGAMASSADAS, CERÂMICAS E VENTILADAS**

### **3.2.1 Chapisco**

Segundo Tiggemann (2016), chapisco é a camada de preparo da base para o recebimento da camada de regularização, que tem como função uniformizar a absorção da justaposição de diferentes substratos, pois alvenarias e elementos estruturais têm absorção de água diferenciada.

A aderência do chapisco é obtida através do traço e de outros fatores, como a natureza do substrato e técnica de execução. O chapisco conta com significativo consumo de cimento na mistura, promovendo a resistência e favorecendo o preenchimento dos poros pelas partículas finas, melhorando a ancoragem, usualmente na proporção de 1:3 (DUBAJ, 2000).

### **3.2.2 Emboço**

Aplicado após o chapisco ou sobre a própria base, o emboço depois de executado está apto a receber a camada de acabamento, seja ela reboco ou revestimento cerâmico (TIGGEMANN, 2016).

### **3.2.3 Reboco**

Usado como cobertura para o emboço, o reboco é uma fina camada de argamassa, que forma uma superfície lisa, contínua e íntegra, constituído como acabamento final ou podendo receber revestimento decorativo, como pintura (BAUER, 2005)

### **3.2.4 Argamassa colante**

Segundo a ABNT NBR 13749 - (2013) , define as argamassas como a mistura de aglomerados e agregados com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência. São utilizadas em alvenarias pela resistência exigível e especialmente pela condição favorável de endurecimento. Utiliza-se também em chapisco pelo seu endurecimento, emboço e reboco pela sua plasticidade condições de endurecimento, elasticidade.

### **3.2.5 Revestimentos cerâmico**

São elementos construtivos em forma de placas utilizados na construção civil para revestimento de paredes, pisos, em ambientes internos e externos. Recebem designações tais como: azulejo, pastilha, porcelanato, lajota, piso, etc. Oferecem proteção, devido a sua elevada impermeabilidade, sendo de fácil limpeza, anti inflamáveis, duráveis e conferindo beleza estética a edificação, através dos seus mais variados designs (ROSCOE, 2008).

### **3.2.6 Sistema fachadas ventiladas**

O sistema de fachadas ventiladas é composto, segundo Dutra (2010), por um suporte de fixação, por uma camada de material isolante térmico - quando necessário - pela câmara de ar em movimento, pelos elementos de fixação, pelo material de revestimento e pelas juntas abertas.

As fachadas ventiladas referem-se a um revestimento externo composto por painéis ou placas modulares, fixado à fachada principal da edificação com aço inoxidável ou alumínio. O afastamento entre as duas estruturas cria uma cavidade de ar, com largura média de 10 a 15 centímetros, por onde ocorre a ventilação contínua no sentido vertical. Os painéis de revestimento são fixos à estrutura de apoio por intermédio de encaixes metálicos e podem ser feitos de diversos tipos de

materiais, texturas, cores e formatos, como exemplo as cerâmicas de terracota e porcelana; fachadas de pedras: mármore, ardósia, granito e também fachadas compostas de polímeros, plástico, madeira, vidro e madeira (SIENGE PLATAFORMA, 2021).

### **3.3 REVESTIMENTOS CERÂMICOS**

O revestimento cerâmico é descrito na NBR 13816 (ABNT, 1997) como o “conjunto formado pelas placas cerâmicas, pela argamassa de assentamento e pelo rejunte”. De forma mais ampla, Medeiros e Sabbatini (1999), consideram o revestimento cerâmico como um conjunto monolítico formado por camadas superpostas aderidas a uma base, onde as placas cerâmicas constituem a camada exterior, sendo assentadas e rejuntadas com argamassa ou material adesivo.

Segundo Campante e Baia (2003), a organização construtiva aplicada aos revestimentos cerâmicos envolve a elaboração do seu projeto, que deve conter informações como: composição e dosagem das argamassas de emboço e da espessura das camadas aplicadas, especificação dos componentes cerâmicos, detalhes construtivos, equipamentos e ferramentas, diretrizes de execução, parâmetros de controle de qualidade do serviço e especificações de desempenho. Somente com estas informações é possível ter o controle completo da produção do revestimento.

O conceito de durabilidade do revestimento está ligado diretamente à vida útil da cerâmica e do processo de assentamento, que se baseia na característica que cada tipo de material apresenta quando exposto às condições de utilização, sobretudo aos agentes externos ao ambiente (AMARAL et al., 2017; POSSAN; DEMOLINER, 2013). Todavia, as patologias manifestadas nos revestimentos de fachadas causam a perda de funções básicas dos materiais cerâmicos, como a desvalorização estética e econômica, perda da capacidade de estanqueidade e vedação, além do comprometimento da regularização e acabamento final da fachada do edifício (AMARAL et al., 2018; ANTUNES et al., 2010).

### **3.4 ELEMENTOS INFLUENCIADORES NAS DEGRADAÇÕES DOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS**

#### **3.4.1 Vida Útil das edificações**

Segundo ABNT NBR 15575 – 1:2013 define que o nível qualitativo crítico de uma propriedade em qualquer tempo, ou seja, correspondente ao comportamento em condições de serviço ou uso. Ele está ligado às condições de uso para o qual o edifício foi projetado, execução da obra de acordo com as normas vigentes, utilização de elementos e componentes sem defeitos e implementação de programas de manutenção corretiva e preventiva na fase de operação.

A vida útil projeto (VUP) é o período estimado de tempo durante o qual o sistema pode ser utilizado sob circunstâncias que atendam às necessidades básicas de saúde, higiene e economia, são estabelecidos requisitos mínimos de desempenho para diferentes sistemas, a serem considerados e atendidos, devem ser avaliados por meio de ensaios laboratoriais, inspeções em protótipos ou em campo, além de simulações e análises de projeto (ABNT NBR 15575 – 1:2013). Porém destaca-se que os requisitos podem variar com o tempo, e dependem da época, tipo de uso, normas técnicas vigentes, requisitos impostos pelos usuários e outros (FLORES-COLEN, 2009; SANTOS, 2010; BS ISO 15686-2, 2012).

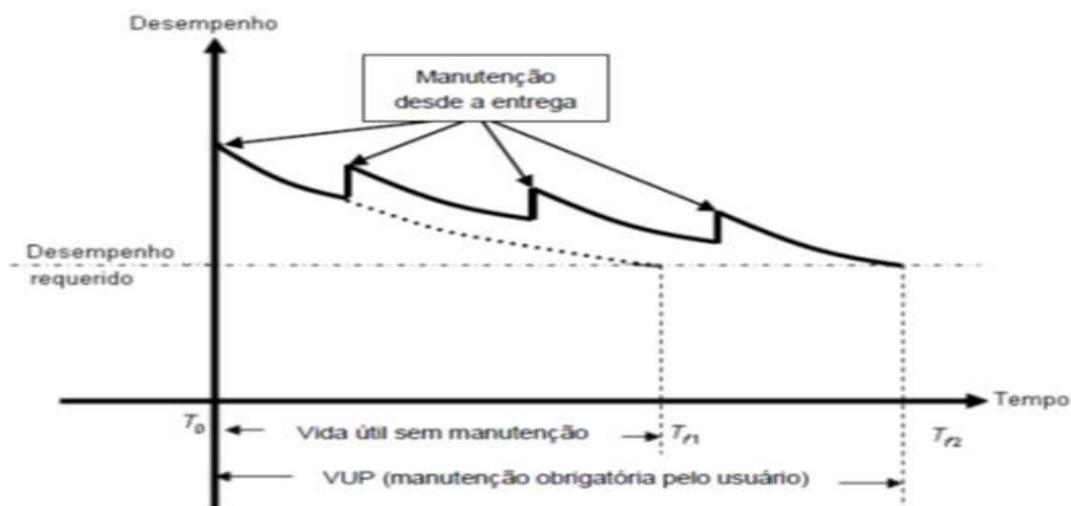
A vida útil de projeto (VUP) é o período estimado de tempo no qual um sistema é projetado para atender os requisitos de desempenho, dado que satisfaz o programa de manutenção previsto no manual de operação, uso e manutenção. A avaliação de desempenho busca analisar a adequação ao uso de um sistema ou de um processo construtivo destinado a cumprir sua função, independentemente da solução técnica adotada. (ABNT NBR 15575 – 1:2013).

Ainda segundo ABNT NBR 15575 – 1:2013 a VUP, estabelece a obrigação de que todos os intervenientes atuem no sentido de produzir o elemento com as técnicas adequadas para que a VU atingida seja maior ou igual à VUP. Sem este balizamento, quem produz o bem pode adotar qualquer das técnicas disponíveis e

empregar qualquer produto normalizado sem que ele esteja errado, do ponto de vista técnico. É indiscutível que a tendência é optar pelo produto de menor custo inicial, ou seja, sem a definição da VUP, a tendência é de se produzir bens de menor custo inicial, porém menos duráveis, de maior custo de manutenção e provavelmente de maior custo global.

Na (Figura 3.1) este comportamento é esquematicamente representado. É necessário salientar a importância da realização integral das ações de manutenção pelo usuário, sem o que se corre o risco de a VUP não ser atingida. Por exemplo, um revestimento de fachada em argamassa pintado pode ser projetado para uma VUP de 25 anos, desde que a pintura seja refeita a cada 5 anos, no máximo. Se o usuário não realizar a manutenção prevista, a VU real do revestimento pode ser seriamente comprometida. Por consequência, as eventuais patologias resultantes podem ter origem no uso inadequado e não em uma construção falha (ABNT NBR 15575 – 1:2013).

Figura 3.1 : Desempenho ao longo do tempo.



Fonte: (ABNT NBR 15575 - 1:2013).

### 3.4.2 Manutenção

A manutenção é um conjunto de atividades a serem realizadas ao longo da vida total da edificação para conservar ou recuperar a sua capacidade funcional e de seus sistemas constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários (ABNT NBR 15575 – 1:2013).

Segundo a ABNT NBR 14037: 2011 devem ser fornecidas pelos construtores aos usuários através de um documento em forma de manual de uso, operação e manutenção, que tem por finalidade:

- informar aos usuários as características técnicas da edificação construída;
- descrever procedimentos recomendáveis para o melhor aproveitamento da edificação;
- orientar os usuários para a realização das atividades de manutenção;
- prevenir a ocorrência de falhas e acidentes decorrentes de uso inadequado;
- contribuir para o aumento da durabilidade da edificação.

Constata – se que até nos dias de hoje a manutenção, não só de fachada mais de toda edificação é negligenciada. Projetistas, construtores e incorporadores são responsáveis pelos valores teóricos de Vida Útil de Projeto que podem ser confirmados por meio de atendimento às normas brasileiras.

Não obstante, não podem prever, estimar ou se responsabilizar pelo valor atingido de Vida Útil (VU) uma vez que este depende de fatores fora de seu controle, tais como a o correto uso e operação do edifício e de suas partes, a constância e efetividade das operações de limpeza e manutenção, alterações climáticas e níveis de poluição no local, mudanças no entorno ao longo do tempo (ABNT NBR 15575 - 1 – Desempenho).

Ressalta - se que os principais fatores que afetam o desempenho do edifício e seus elementos (subsistema, componentes, produtos e materiais) se encontram diretamente interligada nas várias fases do processo construtivo (Figura 3.2), sendo dependente de diversos componentes (FLORES-COLEN, 2009).

Figura 3.2 – Principais fatores envolvidos no desempenho em serviço do edifício



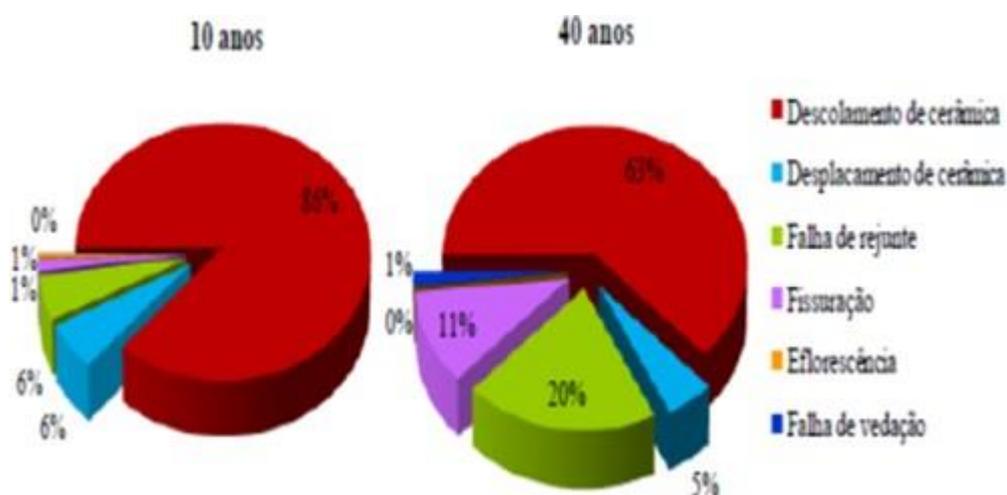
Fonte:(FLORES-COLEN, 2009).

Fachadas que apresentam manifestação patológica principalmente em idades precoces devem ser avaliadas no sentido de verificar quais fenômenos de degradação conduziram à perda de sua funcionalidade e, por conseguinte, provocaram um envelhecimento prematuro em função da vida útil prevista (SILVESTRE; BRITO, 2011).

No Brasil se destacam os estudos de casos de manifestações patológicas de revestimentos de fachadas realizados por Bauer *et al.* (2010), Bauer *et al.* (2012), Silva, M. *et al.* (2014), entre outros. Os estudos realizados no Brasil buscam identificar, entender e sistematizar os fenômenos que provocam as manifestações patológicas que surgem nas fachadas.

Os pesquisadores buscam entender os fenômenos que provocam as manifestações patológicas que surgem nas fachadas. Dentre esses estudos, ressalta-se o trabalho de Bauer *et al.* (2010) que, em pesquisa realizada para determinação das manifestações patológicas e quatro edifícios na cidade de Brasília-DF, identificaram claramente uma diferença no percentual de danos entre os edifícios com 10 anos e 40 anos (Figura 3.3).

Figura 3.3. – Distribuição percentual de patologias em edifícios com 10 anos e 40 anos



Fonte: (Adaptado de Bauer et al., 2010).

Os estudos sobre durabilidade iniciaram-se há muitos anos nos países desenvolvidos tendo como motivação o desempenho econômico das edificações e o planejamento das manutenções, somando-se a este contexto a redução de impactos ambientais oferecidas por edificações duráveis (CONSOLI, 2006).

Os revestimentos são os elementos do edifício sujeitos ao maior número de fatores de degradação e onde estes fatores atuam em primeiro lugar. Deste modo, a vida útil de um edifício encontra-se diretamente relacionada com a manutenção do desempenho do revestimento acima dos níveis mínimos exigíveis (LAYZELL; LEDBETTER, 1998).

Para Paulo et al. (2011), o gerenciamento de um edifício ao longo do seu ciclo de vida exige o planejamento de ações de manutenção preventiva antes que eles sejam realmente necessários. Para atingir esse nível de planejamento, é vital saber a vida útil dos materiais e componentes integrados nos edifícios.

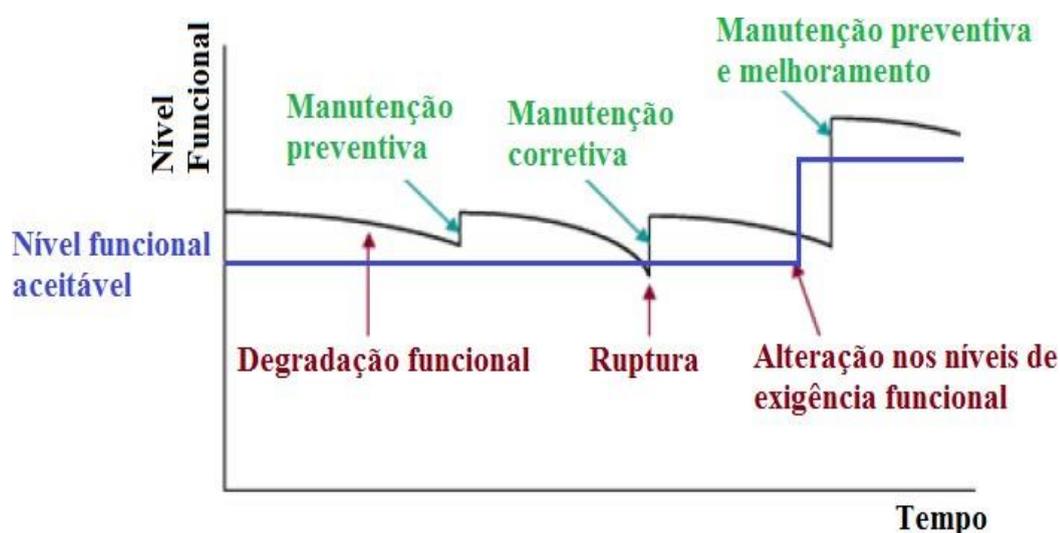
Neste contexto, Lopes (2005) enfatiza que a manutenção de edifícios assume-se, assim, como um fator incontornável para valorização e qualificação do parque edificado, dos espaços circundantes, do bem-estar dos cidadãos e da economia.

Takata et al. (2004) afirmam que muitas vezes a manutenção é vista como uma ferramenta para resolver problemas. Os autores defendem, ainda, que esta influi significativamente no ciclo de vida dos edifícios (Figura 3.4), sendo necessária perante duas situações distintas:

- a) alteração das condições do edifício devido a deterioração - vida útil física;
- b) alteração das exigências da sociedade - vida útil funcional.

Dessa maneira, pode-se observar que as atividades de manutenções devem ser previstas de maneira a garantir os níveis de funcionalidade adequada dos sistemas.

Figura 3.4 - Influência das atividades de manutenção no cumprimento dos níveis mínimos aceitáveis.



Fonte: (Adaptado de Takata et al., 2004).

De acordo com Flores (2002), as operações de manutenção afetam o comportamento dos elementos ao longo do tempo, alterando os modelos de degradação (originando eventuais acréscimos de desempenho), os valores das vidas úteis e, por conseguinte, os custos de manutenção.

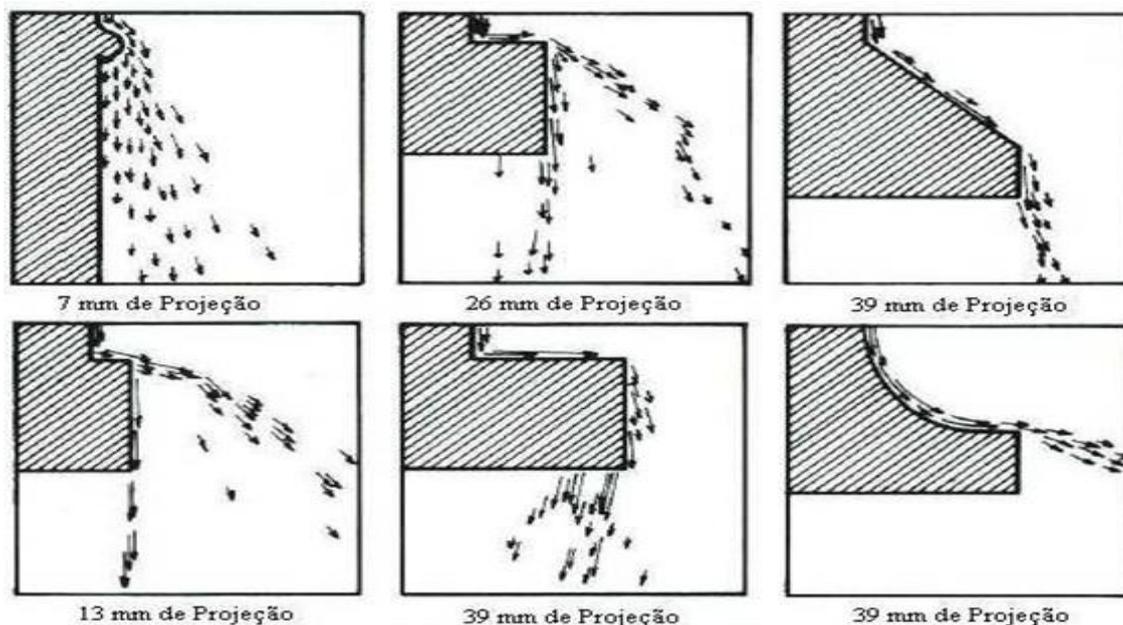
### 3.4.3 Durabilidade e uso

De acordo com ABNT NBR 15575 - 1 – Desempenho: 2013, a durabilidade do edifício e de seus sistemas é uma exigência econômica do usuário, pois está diretamente associada ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional. O período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário pré-estabelecidas é denominado vida útil.

Os elementos de uso são determinados pela influência direta dos usuários sobre os materiais e componentes da edificação - projeto, execução e uso, operação e manutenção ( REZENDE; BARROS; MEDEIROS, 2001).

Além dos elementos de deterioração anteriormente destacados, ações próprias da fase de projeto, segundo Romério (1995), podem contribuir para o decréscimo da durabilidade dos componentes e das partes do edifício, destacando a própria ausência de projetos, concepção inadequada, deficiência de detalhes, especificação incorreta de materiais e técnicas construtivas. Segundo Reygaerts (1978) *apud* JOHN (1987), diversos estudos efetuados em países europeus constataram que a maioria dos defeitos das edificações ocorrem devido à fase de projeto. Em relação aos revestimentos de fachada de edifícios habitacionais, um projeto que apresente detalhes construtivos que controlem a penetração de água, por exemplo, (Figura 3.5), possibilita o acréscimo da durabilidade do revestimento, uma vez que evita seu acentuado processo de deterioração causado pela água.

Figura 3.5 - Detalhes da geometria de pingadeiras em fachadas e sua influência no escoamento da água.



Fonte: (PEREZ , 1985).

A utilização de mão-de-obra não capacitada, as alterações das especificações de projeto, tais como a alteração do traço da argamassa de revestimento, a utilização de argamassa colante e de rejuntamento distinta daquela especificada, a eliminação de juntas de trabalho e de outros detalhes construtivos, o não cumprimento dos prazos mínimos entre as diferentes etapas de execução, e a utilização de técnicas construtivas inadequadas durante a fase de execução também colaboram para o decréscimo da durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios e dos outros componentes ou partes do edifício ( REZENDE; BARROS; MEDEIROS, 2001).

A utilização de mão-de-obra não capacitada, as alterações das especificações de projeto, tais como a alteração do traço da argamassa de revestimento, a utilização de argamassa colante e de rejuntamento distinta daquela especificada, a eliminação de juntas de trabalho e de outros detalhes construtivos, o não cumprimento dos prazos mínimos entre as diferentes etapas de execução, e a utilização de técnicas construtivas inadequadas durante a fase de execução também colaboram para o decréscimo da durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios e dos outros componentes ou partes do edifício ( REZENDE; BARROS; MEDEIROS, 2001).

## 3.5 ALGUMAS CAUSAS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS

### 3.5.1 Radiação Solar

A radiação solar pode ser dividida nas parcelas direta, difusa e refletida, sendo a primeira a que atinge diretamente a terra (vinda da parcela da radiação extraterrestre) e a que mais influência nos ganhos térmicos de uma edificação. Já a parcela difusa sofre um espalhamento e é tanto maior, quanto mais nublado for o céu. A radiação refletida, por sua vez representa a parcela recebida após reflexão dos raios em superfícies adjacentes. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004; ABREU; OLIVEIRA; GUERRA, 2010).

Na translação a terra percorre uma trajetória elíptica em um plano inclinado de  $23^{\circ}27'$  em relação ao Equador. Esta inclinação faz com que os hemisférios recebam quantidades distintas de radiação solar, e conseqüentemente em determinadas épocas um hemisfério receberá maior incidência de radiação do que o outro (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

No caso das edificações, a definição da trajetória do sol e quantificação da radiação é importante para constatar quais fachadas recebem maior influência desta variável. A mesma será fundamental por ser o principal agente que influencia na variação de temperatura das fachadas e desse modo no surgimento de anomalias, assim sendo associadas às variações dimensionais. De maneira contrária, as que recebem menos radiação podem ter o favorecimento de condensações e proliferação de microorganismos (MELO JR., 2010; FREITAS, 2012).

### 3.5.2 Umidade

As principais anomalias associadas à umidade são os manchamentos, descolamento de revestimentos, corrosão, fissuras, eflorescências, lixiviação, bolor, e outros. E esta pode ter diversas fontes, das quais pode-se destacar: precipitação, solo, atividades e processos, ar, construção e outros (STRAUBE, 2002).

Segundo (Ribeiro; Barros, 2010), a movimentação higroscópica, pode provocar expansão ou retração dos materiais, devido a umidade que os agentes de degradação causam. Nas placas cerâmicas este comportamento é denominado de expansão por umidade (EPU). A expansão pode dar origem a tensões que tem importância na estabilidade dos revestimentos, além de causar problemas relacionados à aderência e gretamento. No caso de revestimentos cerâmicos ou argamassados, para prevenção dos efeitos desta variação dimensional devem ser utilizadas juntas, para que as tensões sejam limitadas à uma só peça (FIORITO, 2009).

Uma das características mais marcantes da cerâmica e que serve como parâmetro para classificação é a absorção de água, e a partir dela se nomeiam alguns revestimentos cerâmicos, como visto na (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Classificação de revestimento cerâmico quanto à absorção de água

Tipologia do Produto	Absorção de água (%)
Porcelanato	0 a 0,5
Grés	0,5 a 3,0
Semi - grés	3,0 a 6,0
Semi poroso	6,0 a 10
Poroso	Acima de 10

Fonte: (NBR 13818 1997).

Segundo Bauer (1997), as eflorescências, são depósitos salinos, particularmente metais alcalinos e alcalino-terrosos, na superfície de revestimentos, provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais constituintes do revestimento ou da sua base. Uemoto (1988) descreve da seguinte maneira o

mecanismo de formação das eflorescências: os sais encontrados no interior dos materiais são dissolvidos pela água presente, por algum motivo, no interior destes materiais. Esta água ao atingir a superfície do material, por capilaridade, evapora. Com a evaporação desta, os sais se depositam na superfície externa, formando as manchas. UEMOTO (1988) ainda enfatiza que para a formação da eflorescência é necessária a existência concomitante de três fatores: sais solúveis existentes nos materiais ou componentes; presença de água para solubilizá-los; pressão hidrostática para que a solução migre para a superfície.

Conforme Ribeiro e Barro (2010), a umidade pode agir na movimentação higroscópica, de forma a causar expansão ou retração dos materiais, com sua entrada ou saída, respectivamente. Nas placas cerâmicas este comportamento é denominado de expansão por umidade (EPU). A expansão pode dar origem a tensões que têm importância na estabilidade dos revestimentos, além de causar problemas relacionados à aderência e gretamento. No caso de revestimentos cerâmicos ou argamassados, para prevenção dos efeitos desta variação dimensional devem ser utilizadas juntas, para que as tensões sejam limitadas a uma só peça (FIORITO, 2009).

As alterações dimensionais causadas pela umidade podem ser classificadas como irreversíveis ou reversíveis. As irreversíveis ocorrem geralmente logo após a concepção do material, e originam-se pela perda ou ganho de água até que se atinja a umidade higroscópica de equilíbrio. Já as reversíveis ficam limitadas a um certo intervalo de variação de umidade, tanto na secagem e molhagem dos materiais (THOMAZ, 1989).

Thomaz (1989) cita que a quantidade de água absorvida por um material de construção depende da porosidade e capilaridade do mesmo. Desta forma, para as fachadas devem ser adotados revestimentos pouco porosos e/ou ainda barreiras arquitetônicas para penetração de água, como pingadeiras, molduras, cimalthas, peitoris e frisos (SILVA, 2014).

### 3.5.3 Temperatura

Dos fatores provenientes da atmosfera, a variação da temperatura é um dos agentes mais agressivos aos revestimentos de edifícios provocando variações físicas e químicas nos materiais, gerando fissuras, descolamentos e rupturas, principalmente nos revestimentos porosos, por absorverem água, umidade e radiação solar, ocasionando grandes tensões nas interfaces dos componentes (CONSOLI, 2006).

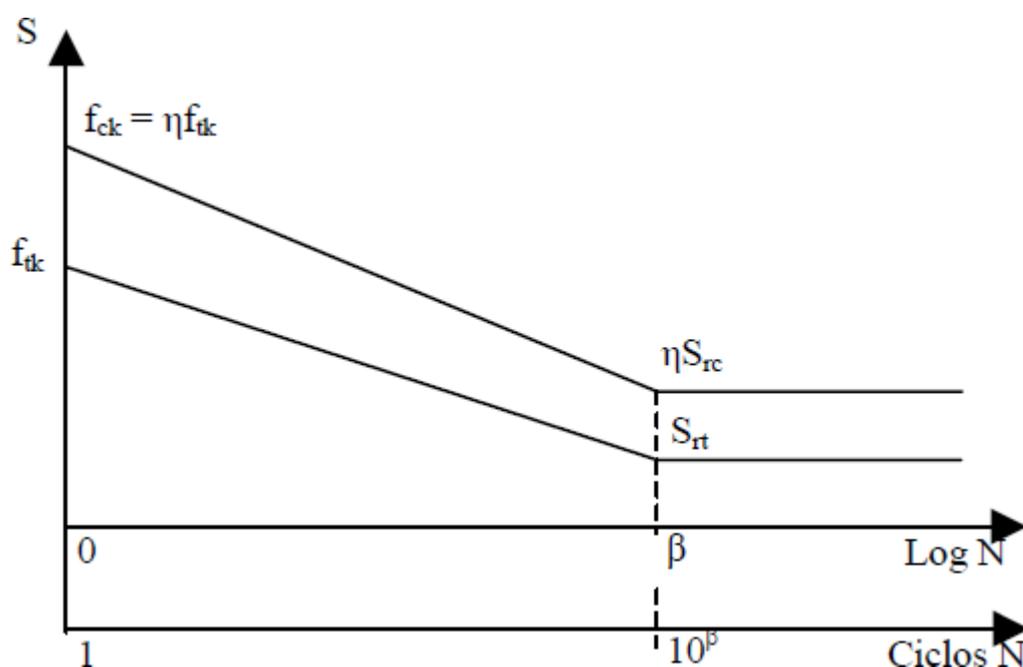
A variação de temperatura pode induzir a deformação do edifício, que por sua vez é composto por diferentes materiais, componentes e sistemas que irão se deformar de maneira distinta devido às suas diferentes propriedades. Essa variação de temperatura pode induzir o surgimento de tensões termomecânicas, que podem originar fissuras nos materiais, incompatibilidade existente entre alvenarias e estruturas de concreto armado é um dos casos onde este fenômeno fica mais evidente (SAHB, 2005).

Paralelamente a isto é de se destacar a importância da variação de temperatura incidente nos materiais e ressalta a diferença entre choque térmico e movimentação térmica. O choque térmico refere-se a taxa e amplitude da variação de temperatura em períodos curtos de tempo, ou seja ocorre em virtude de variações bruscas de temperaturas em função de eventual chuva de verão ou ventos sobre fachadas que estejam com carga térmica elevada. A movimentação térmica nos materiais de construção ocorre em função da expansão e contração quando expostas as variações de temperatura, (GOLDBERG 1998; BARBOSA 2013).

Nos revestimentos, por exemplo, ao receberem a influência dos agentes do clima, tais como a radiação ou chuva, podem ter um acréscimo ou decréscimo em sua temperatura. O acréscimo poderá originar a expansão das camadas, e o processo oposto, redução, causará a retração (RIBEIRO; BARROS, 2010). Ao contrário da parte interna da edificação, a temperatura e clima exteriores variam diariamente. Esta variação diária de temperatura somada ao efeito combinado da umidade causa fenômenos cíclicos de expansão e retração, que ao longo do tempo podem resultar em fadiga nas ligações deste sistema (FAUSTINO, 1997; SARAIVA, 1998).

Os efeitos cíclicos causados pela temperatura nos revestimentos geram tensões de tração ( $f_{tk}$ ) e compressão ( $f_{ck}$ ), que diminuem progressivamente conforme o número de ciclos ( $N$ ). De acordo com a variação da tensão aplicada ( $S$ ), o material também será capaz de resistir a um maior número de ciclos (UCHÔA, 2007). Além do mais, há uma tensão que não provoca mais a fratura por fadiga, chamada de limite de fadiga por compressão ou tração ( $S_{rc}$  ou  $S_{rt}$ ). Estas variáveis foram utilizadas no modelo proposto (Curva S-N) por Uchôa (2007) para fadiga em argamassas nos sistemas de revestimento cerâmico, conforme (Figura 3.6).

Figura 3.6 – Curva S-N para argamassas.



Fonte: (UCHÔA, 2007).

Apresentou-se que diversos estudos direcionados à deterioração, tratam dos materiais separadamente, quando na verdade em condições de campo o fenômeno atinge a fachada de forma global. Ademais, a principal constatação nestes estudos está relacionada à intensidade da carga de ruptura, que devido ao processo de fadiga não precisa ser necessariamente alta. São exatamente essas as condições encontradas na aplicação dos sistemas de revestimentos de fachada, que recebem

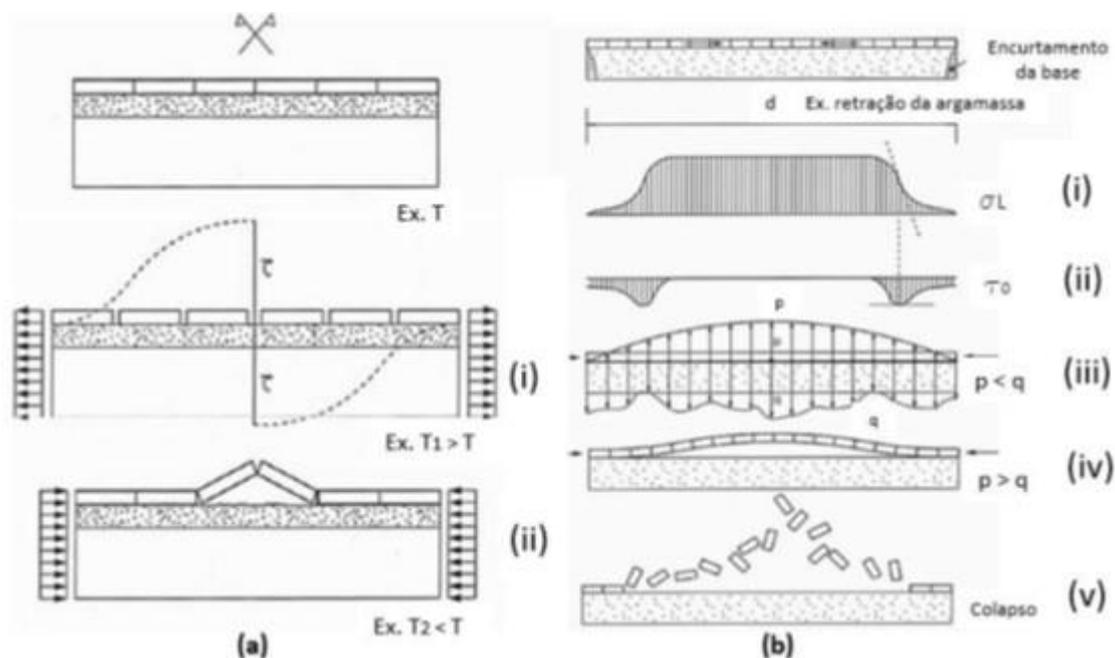
influência dos ciclos do clima, que se alteram de acordo com a época do ano (SARAIVA, 1998).

De acordo com (Just; Franco, 2001) nos revestimentos cerâmicos com este efeito é confirmado pelo fato de que os descolamentos e deslocamentos não ocorrem com maior frequência no primeiro ou segundo ano após a construção. De certo modo os problemas podem estar associados a outras influências, tais como erros de execução ou utilização de materiais de má qualidade, porém a grande maioria das anomalias tem origem alguns anos após utilização, principalmente pela redução da resistência de aderência causada pelos ciclos de aquecimento e resfriamento intensos que a fachada foi submetida. Em laboratório este efeito foi confirmado por Yiu, Ho e Lo (2006) que identificaram 50% de diminuição da resistência de aderência de placas cerâmicas submetidas a cem ciclos de aquecimento, resfriamento, molhagem e secagem.

Os efeitos de deformação causados pela temperatura seriam desprezíveis se as peças submetidas a ela pudessem se dilatar livremente, porém, quando estão confinadas surgem tensões internas (CÓIAS, 2009). Ao observar-se a Figura 3.7, quando a temperatura inicial  $T$  aumenta gradativamente de forma que  $T_1$  fica maior que  $T$ , há o afastamento de uma peça para outra e o processo de cisalhamento simples se instala entre a base e o material de assentamento (Figura 3.7- a.i). Com a queda da temperatura, e  $T_2$  menor que  $T$  as peças se desprendem e tomam uma conformação em “V” (Figura 3.7-a.ii) (FIORITO, 2009).

Fiorito (2009) ainda retrata que o processo contrário também pode ocorrer devido à retração da camada regularizadora (emboço). Com isso as placas cerâmicas ficam submetidas a tensões de compressão (Figura 3.7-b.i), bem como de cisalhamento nas extremidades (Figura 3.7-b.ii), e tem a tendência de sofrerem flambagem. A compressão dá origem a componentes verticais de tração ( $p$ ), que são contrários à direção das forças proporcionadas pela aderência ( $q$ ) do revestimento à camada de argamassa (Figura 3.7.-b.iii). Quando  $p > q$ , as peças se soltam por tração simples, sofrem abaulamento (Figura 3.7-b.iv) e colapso (Figura 3.7-b.v).

Figura 3.7 – Solicitação do revestimento à tração e compressão



Fonte: (Adaptado de FIORITO, 2009).

Compreender a variação diária de temperatura será determinante para dimensionar as juntas ao qual a estrutura e as fachadas estarão sujeitas. Saraiva (1998) e Fiorito (2009) retratam a importância das mesmas, pois com elas é possível limitarem-se as tensões térmicas. Para o caso dos sistemas de revestimento cerâmico as tensões ficam limitadas a uma só placa, que por sua rigidez não sofrerá flambagem. Essas juntas podem ser tanto as de assentamento, como também aquelas inseridas para limitação do painel de revestimento, que tem a função de reduzir a restrição aos movimentos, e conseqüentemente o nível das tensões (RIBEIRO; BARROS, 2010).

A escolha dos materiais e componentes, além da definição de características construtivas adequadas podem reduzir o efeito da temperatura. Saraiva (1998) desenvolveu uma metodologia utilizando elementos finitos para investigação das tensões e deformações em sistema de revestimento cerâmico. A autora constatou um aumento de 60% nas tensões dos revestimentos pela utilização de cerâmicas escuras em comparação com as claras. Além do mais, foi constatada a diminuição

nas tensões de compressão pela utilização de rejunte com menor módulo de elasticidade e aumento nas tensões pela utilização de argamassa colante de maior módulo de elasticidade.

### 3.5.4 Chuvas

A penetração da água da chuva em alvenarias está relacionada com diversos mecanismos físicos que determinam a incidência da chuva sobre as paredes, com fenômenos que regem o comportamento dos materiais porosos quando solicitados pela chuva e com aspectos construtivos pertinentes a concepção e construção das paredes (detalhes de projeto, defeitos, componentes, tratamento superficial, etc.) (BAUER, 1987).

A ocorrência de chuva associada à ação do vento atingem as fachadas de maneira diferenciada. Quando uma face da fachada é atingida pela chuva dirigida, a outra face oposta fica potencialmente protegida. Sendo assim, a durabilidade das fachadas depende de um projeto de fachadas que contemplem requisitos de proteção aos agentes de exposição.

A orientação de uma determinada fachada tem relevância em relação à incidência de chuva carregada por um vento pluvial dominante, isto é, os lados da edificação que estiverem voltados a ventos predominantes de determinada região receberão maiores quantidades de chuva (GIONGO, 2007; MELO JÚNIOR, 2010).

Outro fator importante a ser considerado, conforme relata Bauer (1987), reside na penetração de água por meio de pequenas fissuras presentes na interface bloco-argamassa. A resistência à penetração dependerá do preenchimento total das juntas, tanto verticais quanto horizontais, e da extensão de aderência entre bloco e argamassa.

Freitas (2011) através de simulações higrotérmicas avaliou a absorção de paredes de alvenaria com e sem rebocos exteriores. A autora chegou a conclusão que a colocação do reboco diminui o teor de umidade médio da alvenaria. Além do mais, uma maior espessura do revestimento influenciou a diminuição do teor de umidade, mesmo frente à ação de maiores quantidades de chuva dirigida. Desta forma, diminuem-se as possibilidades de problemas relacionados às infiltrações.

O processo de umidificação e secagem pode levar ao aparecimento de anomalias, desta forma, a durabilidade e o desempenho higrotérmico das fachadas são condicionados pela solicitação de umidade, principalmente a proveniente da chuva dirigida. Porém, a orientação cardinal crítica também dependerá da radiação solar, visto que, o efeito da chuva pode ser atenuado pela secagem provocada por este agente. Desta forma, a umidificação depende das condições climáticas da envolvente, orientação e geometria das construções (PETRUCCI, 2000; FREITAS, 2011).

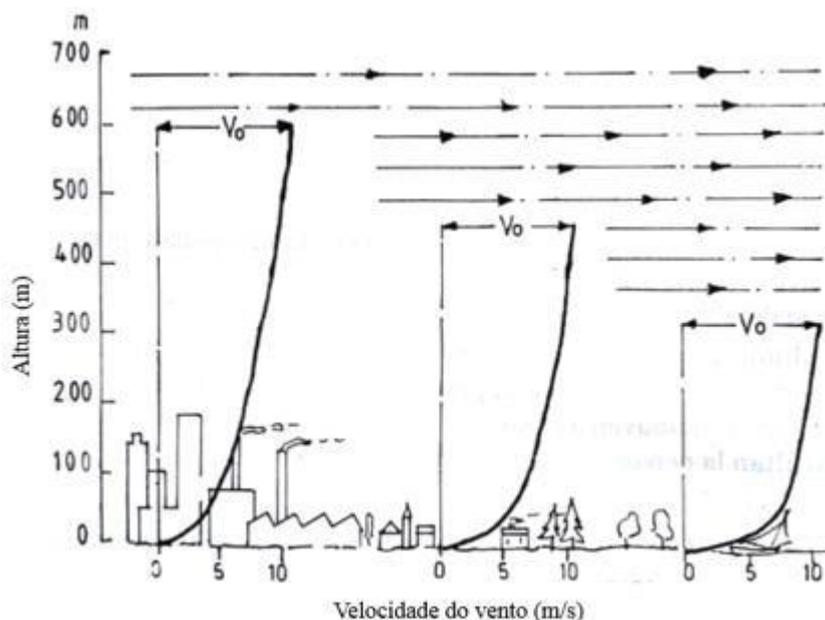
A chuva dirigida ainda pode ser responsável pelos manchamentos ao carregar partículas de sujeira, que após a secagem da região serão absorvidas, bem como, no clareamento de outras 27 regiões, denominadas como zonas de lavado (BLOCKEN; DEROME; CARMELIET, 2013). O aumento da umidade nas fachadas também pode ser o responsável por biodeterioração causada por fungos e algas (CAMPANTE, 2001).

### **3.5.5 Vento**

O vento é capaz de influenciar na durabilidade das edificações pelo seu efeito na chuva dirigida, visto que partículas sólidas e água podem penetrar nas fachadas. Além do mais, pelas pressões diferenciais a incidência da chuva ocorrerá de maneira distinta na envoltória (HAAGENRUD, 2004).

A ação do vento está relacionada ao perfil do terreno, a geometria dos obstáculos ao redor do local, além da topografia e rugosidade do solo (Figura 3.8). Para terrenos mais regulares a velocidade do vento é maior. Nas cidades há diminuição da velocidade média em baixa altitude e aumento da turbulência (PETRUCCI, 2000).

Figura 3.8 - Velocidade do vento.



Fonte: (Carrié e Morel, 19751 apud Valejo, 1990).

Como carregamento o vento pode agir de maneira estática ou dinâmica. A ABNT NBR 6123 (1988), descreve a forma para se calcular a força resultante devido à ação dos ventos. Sendo essa dependente da diferença de pressão entre as partes interna e externa do objeto de estudo.

### 3.6 PATOLOGIAS COMUNS EM FACHADAS

O comportamento do edifício é o resultado do comportamento das suas partes, da interação destas partes entre si, e da interação do edifício com o entorno (LICHTENSTEIN, 1985).

Segundo Goldberg (1998), a estrutura dos sistemas de revestimentos, composta por camadas de materiais compostos, sofre tensões diferenciadas provocadas pelas movimentações de cada componente frente às solicitações externas. Para aliviar as tensões, os materiais precisam apresentar características

de resistência e deformabilidade compatíveis com os esforços a que ficam submetidos, caso contrário pode ocorrer o comprometimento dos materiais componentes do sistema e, conseqüentemente, o surgimento de patologias. As anomalias podem ser estéticas ou funcionais, sendo que as estéticas não representam riscos aos usuários, contudo podem ser um incômodo de acordo com o nível de exigência. Já as funcionais afetam a integridade dos componentes e sistemas, e podem comprometer a segurança da edificação.

As patologias normalmente observadas em vedações verticais destacam-se: fissuras e trincas, descolamentos, destacamentos, falhas nas juntas, falhas de rejunte, manchas, falhas de vedação e deterioração de placas cerâmicas.

As fissuras (Figura 3.9) em edificações são manifestações patológicas decorrentes dos mecanismos de alívio de tensões pelas alterações dimensionais, deslocamentos e variações de volume ao longo do período em serviço, podendo ser decorrentes de processos físicos-mecânicos ou químicos (CARASEK, 2007). Na maioria das vezes o problema não está no revestimento, mas na base sobre a qual o mesmo foi aplicado.

Figura 3.9 – Fissuras em revestimento cerâmico.



Fonte:( LEM- UnB).

Além disso, Thomaz (1989) destaca também que outras causas frequentes são as variações térmicas, higroscópicas, sobrecargas, recalques de fundação ou alterações químicas. Este tipo de anomalia pode dar origem às infiltrações, tendo em vista que as aberturas presentes na fachada podem tornar-se pontos de penetração da umidade. Já a fissuração em revestimentos de argamassa por alterações químicas pode decorrer da hidratação retardada de cales ou de ataque por sulfato. Ambas as manifestações necessitam da presença de água resultando em reações que proporcionam o aumento do volume e a expansão do produto destas reações tem como consequência o aparecimento de fissuras.

A trinca pode ser entendida como a ruptura no corpo da peça, sob a ação de esforços, provocando a separação de suas partes e é manifestada através de linhas estreitas que configuram o grau de sua abertura, sendo que, em geral, apresenta-se com dimensões superiores a 1 mm. O gretamento e a fissuração, por sua vez, são aberturas uniformes que aparecem na superfície do componente, provenientes da ruptura parcial de sua massa, ou seja, a ruptura que não divide o seu corpo por completo. São caracterizadas por apresentarem, aberturas inferiores a 1 mm (SABBATINI; BARROS, 2001).

Os descolamentos podem ocorrer tanto nos sistemas de revestimento cerâmico quanto nos argamassados. Os mesmos manifestam-se pela perda de aderência entre as camadas, retrações, variação dimensional e fissuras do sistema. Os sintomas podem ser observados, inicialmente, a partir da repercussão de um som oco em alguns componentes, seguido do descolamento dos mesmos (Figura 3.10), podendo ocorrer, eventualmente, o descolamento imediato (SABBATINI e BARROS, 2001).

Figura 3.10 – Descolamento na fachada



Fonte: (IBAPE -BA).

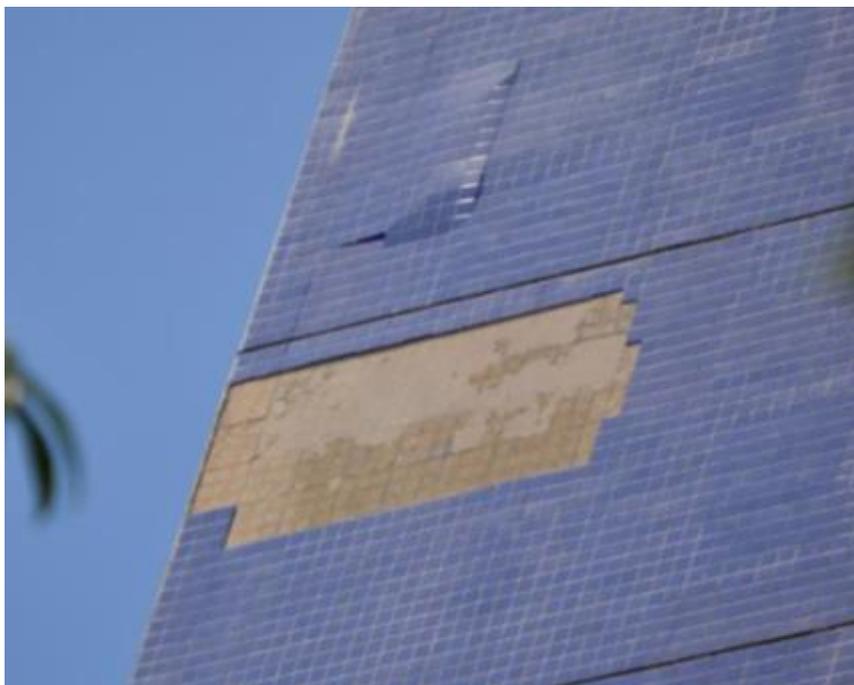
De acordo com Bauer (1987), os deslocamentos podem apresentar extensão variável, sendo que a perda de aderência pode ocorrer de diversas maneiras: por empolamento, em placas, ou com pulverulência. As causas destes problemas são: instabilidade do suporte, devido a acomodação do edifício como um todo; deformação lenta, fluência, da estrutura de concreto armado, variações higrotérmicas e de temperatura, características um pouco resilientes dos rejunte; ausência de detalhes construtivos (contravergas, juntas de dessolidarização); utilização da argamassa colante com um tempo em aberto vencido; assentamento sobre superfície contaminada; imperícia ou negligência da mão de obra na execução e/ou controle dos serviços (assentadores, mestres e engenheiros).

Existem duas regiões nas fachadas que apresentam as maiores patologias nas edificações. Essas regiões estão sujeitas a grandes esforços e solicitações. Os primeiros andares e os últimos pavimentos estão sujeitos a isso e outros elementos como a insolação, umidade, ventos que estão entre alguns exemplos. Os efeitos são bruscos provocando expansões, retrações e um conjunto de elementos físico-químicos no revestimento cerâmico de fachada.

De acordo com Luz (2004), o deslocamento do revestimento cerâmico de fachada, é a manifestação patológica que mais apresenta risco (Figura 3.11). Esta manifestação pode ser considerada a mais perigosa por causar danos à integridade física e material.

As possíveis causas dos deslocamento de componentes cerâmicos são: imperícia ou negligência da mão de obra na execução ou controle; argamassas colantes vencidas ou assentadas sobre superfície contaminada; ausência do esmagamento dos sulcos e cordões, causando a falta de impregnação da argamassa no tardo; Instabilidade do suporte; Ausência de detalhes construtivos; entre outras (REIS, 2013).

Figura 3.11 – Desplacamento na fachada.



Fonte: (COBREAP - PR, 2017).

Os sistemas de revestimento cerâmicos de fachadas, a ocorrência de deslocamentos de placas cerâmicas é a mais crítica uma vez coloca em perigo a segurança dos moradores e transeuntes, representando risco de morte, além dos aspectos estéticos e do comprometimento da habitabilidade (TAN *et al*, 1996; CARASEK, 1996; MANSUR, 2007).

Conforme Ferreira (2010) avalia que as eflorescências são compostas de carbonatos (cálcio e magnésio), hidróxido de cálcio, sulfatos (cálcio ou magnésio ou

potássio ou sódio), cloretos (cálcio ou magnésio) e nitratos (potássio ou sódio ou amônio). Três fatores de igual importância são as causas desta patologia: teor de sais solúveis nos materiais ou componentes (tijolos, materiais cerâmicos, cimento Portland, água de amassamento, agregados, materiais da poluição); presença de água para dissolver e carrear os sais solúveis até a superfície do revestimento; pressão hidrostática para propiciar a migração da solução para a superfície.

De maneira didática a eflorescência apresenta manchas esbranquiçadas no revestimento cerâmico de fachada, no qual fica acumulado depósito de sais na superfície do concreto, que causa a lixiviação do  $\text{Ca(OH)}_2$  o cimento. Segundo Carasek (2007) e Figueiredo Jr. (2017) o depósito destes sais exerce pressão devido à hidratação e cristalização dos mesmos, culminando na desagregação da argamassa. Caso estes sais se cristalizem na região de interface argamassa-substrato, o fenômeno pode resultar no descolamento da camada de revestimento.

Figura 3.12 – Eflorescência



Fonte: (COBREAP - PR, 2017).

Além das anomalias já citadas anteriormente, destacam-se também as falhas de rejunte e vedação, representadas pelas (Figuras 3.13). As falhas de rejunte são caracterizadas quando há ausência ou deterioração do rejunte nas juntas entre as placas cerâmicas. Este processo é intensificado pela ação de secagem e molhagem que a fachada é submetida, por meio da ação da temperatura e chuva dirigida (SILVA, 2014). Diversas vezes, pela ação das intempéries (sol, chuva) o rejunte

fissura e cai da fachada. Já, na parte de confronto especialmente com as esquadrias, o mesmo é deteriorado por impactos, manutenção de janelas ou ainda pela corrosão metálica das esquadrias. Desse modo, surgem falhas que se caracterizam por aberturas por onde a água permeia, causando principalmente patologias de infiltração no apartamento (SILVA,2014).

Figura 3.13 – Falhas de rejunte



Fonte: Autor (2020).

Segundo Silva (2014) o rejunte deteriora devido a ação da insolação, tanto quanto pela ação da água a longo prazo. Em edificações mais antigas é muito comum localizar rejuntas total ou parcialmente destacadas, e, em alguns casos fissuradas.

Segundo, Roscoe (2008) argamassas devem apresentar grande flexibilidade, em torno de 25% de suas dimensões, para absorverem esforços resultantes das tensões do sistema de revestimento cerâmico. Também devem ser impermeáveis, laváveis, resistentes a intempéries e ter grande aderência.

Já de acordo com Medeiros e Sabatini (1998) salienta Luz (2004) consideram algumas diretrizes para ajudar os profissionais envolvidos na elaboração do projeto e execução do 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.

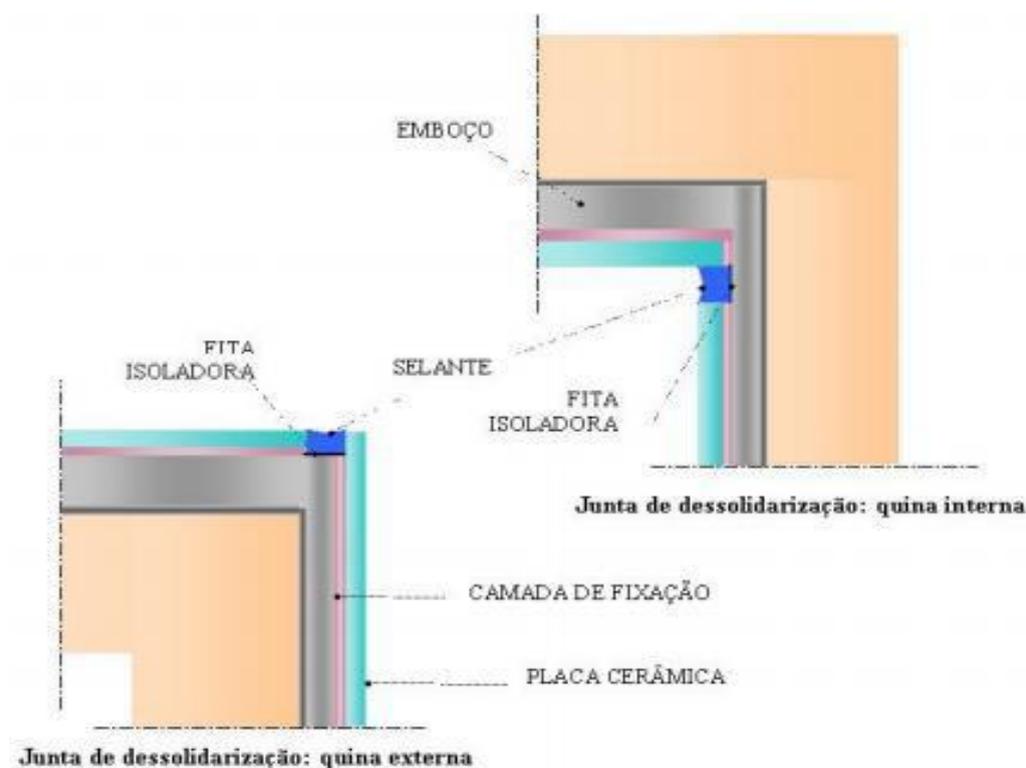
Figura 3.14 – Falhas juntas de movimentação



Fonte: (Revista Técnica. São Paulo: PINI, ed.116, nov. 2006).

As juntas de dessolidarização ajudam a absorver as movimentação dos revestimentos de fachadas nos planos perpendiculares, que devem ser dimensionadas em função das movimentações previstas para os revestimentos de acordo com a especificação do projetista. A (Figura 3.15) demonstra alguns exemplos de juntas de dessolidarização.

Figura 3.15 – Juntas de dessolidarização



Fonte: (Ribeiro 2006).

### 3.6.1 Análise da VUP

Conforme o estudo bibliográfico e a fachada analisada, observou-se que os revestimentos cerâmicos de fachadas estavam se degradando, devido a fatores como a falta de manutenção que compromete a VUP da fachada, entre outros fatores.

Segundo Sousa (2008) os critérios de gravidade, frequência e importância na evolução da degradação, classifica-se nas anomalias em:

Anomalias estéticas;

Fissuração;

Deterioração das juntas;

Desplacamento.

De acordo com a fachada analisada as falhas nos rejuntas, falhas nas juntas de movimentação e os deslocamento foram uma das principais degradações observadas. Segundo a ABNT NBR 15575 – 4:2013, a vida útil de projeto dos sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE), devem apresentar Vida Útil de Projeto (VUP) igual ou superior aos períodos especificados na ABNT NBR 15575-1: 2013, e ser submetidos a manutenções preventivas (sistemáticas) e, sempre que necessário, as manutenções corretivas e de conservação previstas no manual de operação, uso e manutenção. A tabela 4.2.1 demonstra a Vida Útil de Projeto mínima e superior (VUP).

Tabela 4.1: Vida Útil de Projeto mínima e superior (VUP)

Sistema	VUP anos	
	Mínimo	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 30

Fonte: Tabela C.5\* Vida Útil de Projeto mínima e superior VUP (adaptado ABNT NBR 15575-1; 2013).

A edificação analisada que tem idade aparente de 17 anos, não atendeu a Vida útil de projeto para a vedação vertical externa, ou se quer houve considerações sobre a vida útil do (SVVIE) da edificação. Vale ressaltar que esses critérios sobre a vida útil de projeto em fachadas com revestimentos cerâmicos, já foram objetos de estudos por pesquisadores antes mesmo da ABNT NBR 15575 – 4:2013.

Segundo Silva (2009), a vida útil de uma edificação é vinculada, não só pela sua estrutura, mas também pelas suas partes constituintes. Os revestimentos são os componentes mais expostos às situações adversas, constituindo um sistema de proteção da própria estrutura. Necessitam, por isso, preservar as suas características durante o período de vida útil, de maneira a considerarem os níveis mínimos de desempenho.

Constantemente o conceito de vida útil é confundido com o de durabilidade, levando a utilização incorreta dos termos, Silva (2014). Avalia-se que a vida útil é a

quantificação da durabilidade, e esta por sua vez é uma propriedade que apresenta característica de qualidade da estrutura, obtida desde que atenda às exigências da Tabela 4.2. Dessa forma, é cada vez mais importante que se projete e construa tendo em vista critérios de durabilidade, procedendo a uma manutenção periódica e eficaz para, desse modo, prolongar a vida útil das construções (SILVA,2014).

Tabela 4.2 – Exigências do usuário (adaptado da ABNT NBR 15575-1:2013)

<b>Exigências do usuário</b>	<b>Requisitos e critérios</b>
<b>Segurança</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Segurança estrutural</li> <li>→ Segurança contra o fogo</li> <li>→ Segurança no uso e na operação.</li> </ul>
<b>Habitabilidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Estanqueidade</li> <li>→ Conforto térmico</li> <li>→ Conforto acústico</li> <li>→ Conforto lumínico</li> <li>→ Saúde, higiene e qualidade do ar</li> <li>→ Funcionalidade e acessibilidade</li> <li>→ Conforto tátil e antropodinâmico</li> </ul>
<b>Sustentabilidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Durabilidade</li> <li>→ Manutenibilidade</li> <li>→ Impacto ambiental</li> </ul>

### 3.6.2 Curvas de degradação

A degradação é um evento progressivo, do momento que surge determinada anomalia, sem o tratamento eficiente, a tendência será de aumento com o decorrer do tempo e possível aumento da taxa de velocidade em caso de exposição a agentes agressivos (variação térmica e mecânica, umidade, deformações específicas diferenciadas das camadas que compõem o sistema, dentre outros).

Assim, a evolução da degradação representa o comportamento apresentado por um elemento ao longo da sua vida útil e reflete a velocidade com que as fachadas ou seus elementos perdem sua capacidade funcional, ou seja, deixam de atender aos requisitos exigidos (SHOHET *et al.*, 1999; GASPAR; BRITO, 2008).

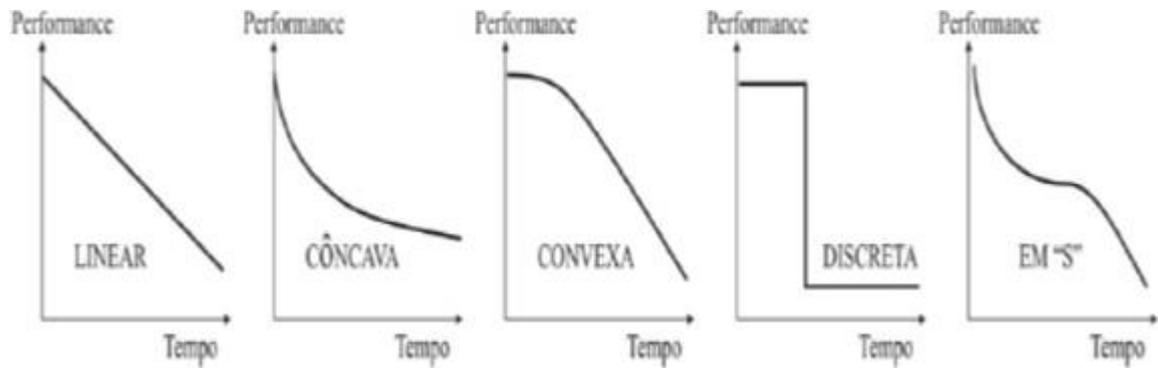
A curva de tendência linear está associada às ações de agentes atmosféricos permanentes (radiação solar ou ventos). O elemento analisado apresenta uma perda constante de sua capacidade funcional ao longo do tempo. A curva côncava representa o desenvolvimento de fenômenos de degradação acelerado nas idades iniciais, contudo, com o decorrer do tempo, essa evolução da degradação se torna menos acelerada. Observa-se este comportamento em degradações provocadas pela ação de micro-organismos que podem provocar manchas ou, a ocorrência de eflorescência (SILVA,2014).

De acordo com Silva (2014), curva convexa está relacionada a fenômenos físicos e químicos, cuja ação inicial é geralmente lenta, no entanto, com o passar do tempo, por associação e sinergismo entre as anomalias, ocorre um aumento no processo de degradação. Essa curva apresenta, portanto, a melhor configuração para representar os fenômenos de degradação.

A curva discreta é associada a fenômenos que podem ocorrer em qualquer período de vida útil de determinado elemento ou material, expressos numa função descontínua. Esses fenômenos se caracterizam por apresentar forma espontânea ou aleatória, podendo ocorrer em função do uso, de fissuras resultantes de recalque estrutura ou acidentes de qualquer natureza que imponham queda brusca da capacidade funcional do elemento fazendo com que o mesmo atinja o fim de vida antes do limite de sua vida útil. A curva em “S” representa ocorrências associadas a anomalias que decorrem em idades recentes, isto é, logo após a conclusão da obra. Essas ocorrências estabilizam em determinado período e originam-se com o tempo voltando a ficar ativas e passam a apresentar uma evolução acelerada em seu desenvolvimento.

A fim de apresentar a perda de capacidade funcional das fachadas Gaspar (2009), baseado nos estudos de Shohet et al (1999), adotou a representação gráfica desse fenômeno por intermédio de curvas de degradação (Figura 3.14).

Figura 3.16 – Curvas degradação fachadas



Fonte: Adaptado de Shohet et al (1999) e Gaspar (2009).

## 4. ESTUDO DE CASO

### 4.1 Descrição do estudo de caso

Neste estudo foi analisada a fachada de revestimento cerâmico, em uma edificação na região central da cidade de Pará de Minas, que pertence a uma região urbana com grande influência de edificações verticalizadas multifamiliares e comerciais. Apresenta superfície plana, com padrão socioeconômico e cultural alto.

Caracterizada como um centro urbano e com enorme diversidade de serviços institucionais, culturais e financeiros.

A construção do edifício foi iniciada em meados do ano 2000 e finalizada em no ano de 2003, é composto por 12 (doze) pavimentos sendo 3 (três) deles garagem, 2 (dois) apartamentos de 2 (dois) ou 3 (três) quartos por pavimento.

O sistema construtivo dos edifícios é de estrutura de concreto armado com sistema de vedação em alvenaria de bloco cerâmico. A construtora responsável pela execução do edifício não concedeu entrevista.

Figura 4.1 – Fachada da edificação.



Figura 4.1: Autor (2020).

A edificação citada estava passando por manutenção para recuperação da fachada, com reassentamento dos revestimentos cerâmicos, aplicação de novos rejuntas e manutenção nas juntas de movimentação.

#### 4.2 Principais patologias constatadas no edifício

Durante o estudo e informações obtidas *in loco* observou-se, que a edificação nunca havia passado por manutenções preventivas, em todos esses 17 anos de existência, a construtora negou em prestar quaisquer esclarecimentos sobre a edificação e verificou-se que a edificação não possuía manual de uso operação e manutenção. A princípio identificou-se na edificação deslocamentos, falhas no assentamentos, falhas nas juntas como demonstrado nas (Figuras 4.1 e 4.2).

Figura 4.2 – Detalhe da fachadas com patologias nos revestimento cerâmicos



Figura 4.2: Autor (2020).

O contato preliminar foi feito ao porteiro da edificação que forneceu o nome do construtor responsável pelos serviços de manutenção do edifício, relatando que o construtor poderia explicitar mais informações. Em contato com o construtor, o mesmo relatou que não tinha acompanhamento técnico de um engenheiro.

De acordo com o construtor, as patologias nos revestimentos de fachadas ocorreram devido ao tempo da construção do edifício e a falha nas juntas de dilatação. Estavam ocorrendo infiltrações, próximo as esquadrias, e que era devido as juntas de dilatação. Observou-se que ocorreram fissuras nas juntas de assentamentos, nas juntas de movimentação e conseqüentemente alguns deslocamentos dos revestimentos.

Segundo o construtor, a conduta utilizada para a recuperação das fachadas, fundamentou-se em experiências adquiridas em alguns anos de trabalhando nessa particularidade de manutenção em revestimentos cerâmicos de fachadas. Para constatação dos fatos e a fim de detectar as patologias, verificou-se por meio de um martelo de borracha com batidas sutis nos revestimentos, aquelas que apresentaram som oco, foram retiradas .

Utilizou-se escova de aço para retirada das impurezas remanescentes dos rejuntas do assentamento e das juntas de movimentação, então assentaram -se novas pastilhas com argamassa AC-II.

A ideia inicial era trazer um estudo de caso mais detalhado, porém limitou-se às premissas ideais, pois as informações para análise eram medianas. Entretanto fica nítido a falta de expertise do construtor para recuperação dos revestimentos cerâmicos e da falta de informação do síndico, demais condôminos e resistência de procurar profissionais com conhecimento técnico adequado.

De acordo com os dados obtidos, o diagnóstico da patologia se baseia na ausência de manutenção que deveria ser prevista de maneira a garantir os níveis de funcionalidade adequada dos revestimentos cerâmicos de fachadas e falta de aderência da argamassa colante do revestimento com a superfície do emboço.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Silva (2014), o estudo da degradação em fachadas envolve um conjunto de elementos muito diferentes. Utilizar muitas variáveis em torno da formulação de um problema pode dificultar tanto a formulação como a análise dos resultados.

Para conduzir uma resposta válida sobre a degradação e vida útil de fachadas, é de suma importância estabelecer critérios para permitir a associação da influência dessas degradações na resolução do problema de forma eficiente.

Através dos levantamentos dos estudos abordados em análise, além do estudo das principais degradações em revestimentos de fachadas, atentou-se também as premissas provenientes de informações das qualificações dos profissionais da engenharia e/ou dos colaboradores da construção civil, que se mostrou insatisfatórias, devido a falta de análise aprofundada das degradações e a ausência de técnicos de notória especificidade na área.

A curva de degradação mostrou-se convexa, uma vez que a fachada em estudo apresentou degradações relacionados a fenômenos físicos e químicos, cuja ação inicial é geralmente lenta, no entanto, com o passar do tempo, por associação e sinergismo entre as degradações, ocorre um aumento no processo de degradação, dado que edificação em análise possui 17 anos, e não considerou-se os critérios das normas NBR 13755 - 2017: Revestimentos cerâmicos de fachadas, da NBR 15575 – 2013: Edificações Habitacionais - Desempenho 2013, da NBR 5674 - 2012: Manutenção em edificações, entre várias outras normas correlatas.

Constatou-se com o estudo bibliográfico e o estudo de caso, as degradações de rejuntas, juntas e deslocamentos nos revestimentos de fachadas como já mencionado anteriormente, poderiam ser evitadas, desde que seguidas as respectivas normas relacionadas aos revestimentos de fachadas. Verificou-se também a negligência ou até mesmo desconhecimento dos profissionais da engenharia e/ou dos colaboradores da construção civil, sobre os projetos de revestimento de fachadas e normas relacionadas aos critérios de habitabilidade.

A elaboração deste estudo proporcionou algumas propostas para pesquisas futuras mais aprofundadas, como o aumento do número de amostras para revestimentos cerâmicos de fachadas diversificando a tipologia e a idade dos edifícios; a fim de abordar quantitativos das degradações baseados na VU (vida útil) através dos fatores das degradações, agrupados a desconsideração das normas existentes, das especificações para a execução dos revestimentos cerâmicos e a resistência da contratação de profissionais da engenharia e/ou colaboradores qualificados. Estes que são pontos determinantes para o surgimento de degradações nos revestimentos cerâmicos, tanto para o início de uma obra nova ou para a sua manutenção.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 15575-1, **Associação Brasileira de Normas Técnicas** - Edificações habitacionais - Desempenho: Requisitos gerais, (2013).

ABNT NBR 15575-1, **Associação Brasileira de Normas Técnicas** - Edificações habitacionais - Desempenho: Sistema de vedações verticais internas e externas - SVVIE, (2013).

ABNT NBR 13749, **Associação Brasileira de Normas Técnicas** - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação, (2013).

ABNT NBR 6118, **Associação Brasileira de Normas Técnicas** - Projetos de estruturas de concreto - Procedimento, (2014).

ABNT NBR 14037, **Associação Brasileira de Normas Técnicas** - Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações, (2011).

ABNT NBR 6123, **Associação Brasileira de Normas Técnicas** - Forças devidas ao vento nas edificações, (1988).

ABNT NBR 13755, **Associação Brasileira de Normas Técnicas** - Revestimentos cerâmicos de fachadas, (2017).

NBR 5674, **Associação Brasileira de Normas Técnicas** - Manutenção em edificações, (2012).

AMARAL, I. B. C.; SILVA, R. C.; REIS, A. B. **Manifestações patológicas na construção civil**. In: THOMAS I, J. O. C. et al. Dos engenheiros de hoje para os engenheiros de amanhã. Diamantina: UFVJM, 2017.

BAUER, E. **Resistência a Penetração da Chuva em Fachadas de Alvenaria de Materiais Cerâmicos** – Uma Análise de Desempenho. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987.

BAUER, R. **Descolamento em revestimentos cerâmicos, análises e recomendações.** In Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas ANTAC, Goiânia, 1995.

BAUER, E., CASTRO, E. K. **Metodologia de estudo das patologias das fachadas de edifícios. Relatório interno** - Laboratório de Ensaio de Materiais (LEM) - UnB/ENC, 2007.

BAUER, E. **Novas aplicações no estudo da degradação, patologia e previsão de vida útil dos edifícios.** II Congresso Brasileiro de Patologia das Construções. Belém-PA. Abril de 2016.

BLOCKEN, B.; DEROME, J.; CARMELIET, J. **Rainwater runoff from building facades: a review.** *Building and Environment* 60: 339-361, 2013.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação.** Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996, 285p.

CAMPANTE, E.; BAÍA, L. L. M. **Projeto e execução de revestimento cerâmico.** Coleção Primeiros Passos da Qualidade no Canteiro de Obras – ISBN 85-86872-06-7. 104 p. São Paulo, 2003.

CAMPANTE, E. F. **Metodologia de diagnóstico, recuperação e prevenção de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachadas.** Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2001.

CAUSS, L. W. **Sistema de fachada ventilada em edificações: características, métodos executivos e aplicações.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

CONSOLI, O. J. **Análise da durabilidade dos componentes de fachadas de edifícios, sob a ótica do projeto arquitetônico.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006..

CÓIAS, V. **Inspeções e ensaios na reabilitação de edifícios**. 2 ed. IST Press: Lisboa. 2009.

DO CARMO, Paulo Obregon. **Patologia das construções**. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassas utilizadas em Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado em engenharia) – UFMGS. Porto Alegre, 2000.

DUTRA, M. R. **Caracterização de Revestimentos em Fachadas Ventiladas**. Análise do Comportamento. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa: 2010. 85 p.

FAUSTINO, J. J. P. **Análise de soluções construtivas face à difusão de vapor - Importância da composição e do clima**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 1997.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de Argamassa e Revestimento** – Estudo e Procedimento de Execução. Editora Pini, São Paulo, SP, 2009.

FREITAS, A. S. S. L. A. **Avaliação do Comportamento Higrotérmico de Revestimentos Exteriores de Fachadas devido à Ação da Chuva Incidente**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011.

FLORES-COLEN, I. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva**. Tese (Doutorado). Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

GASPAR, P. L. **Metodologia para o cálculo da durabilidade de rebocos exteriores correntes**. Dissertação de Mestrado. IST, Lisboa, 2002.

GASPAR, P. L.; BRITO, J.. **Assessment of the overall degradation level of an element, based on field data**. 10DBMC International Conference On Durability of Building Materials and Components. Lyon, França, 2005.

GIONGO, M. **Análise do nível de exposição das edificações à chuva dirigida para Florianópolis**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

GOLDBERG, R.P. **Direct adhered ceramic tile, stone and thin brick facades - technical design manual**, Architect AIA, CSI, LATICRETE International, Inc., Corona, California, USA, 1998.

HAAGENRUD, S. **Factors Causing Degradation**: Part II. In: Guide and Bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and Components. CIB Publication 295, p.1.2-104. CIB, Rotterdam, March 2004.

ISO/DIS 15686-1 - Buildings and constructed assets -- **Service life planning**-- Part 1: **General principles and framework**. Switzerland, International Organization for Standardization, 2011.

ISO/DIS 15686-2 - **Buildings - Service life planning** - Part 2: general principles. Switzerland, International Organization for Standardization, 2012.

ISO/DIS 15686-3 - **Buildings and constructed assets -- Service life planning**-- Part 3: **Performance audits and reviews**. Switzerland, International Organization for Standardization, 2002.

ISO/DIS 15686-4 - **Construção Civil - Life Serviço Planning**-- Parte 4: Serviço de Planejamento de Vida Útil e outros aspectos usando Building Information Modeling. Switzerland, International Organization for Standardization, 2014.

JORNE, F.J.F. **Análise do comportamento higrotérmico de soluções construtivas de paredes em regime variável**. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2010, 154p.

JUST, A e FRANCO, L. S. **Descolamentos dos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/285, São Paulo, 2001.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na Arquitetura**. 2ª ed. São Paulo: Pro Livros, 2004.

LAYZELL, J.; LEDBETTER, S. - FMEA applied to cladding systems - **Reducing the risk of failure**. Building Research and Information, vl. 26.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções: procedimento para diagnóstico e recuperação**. Boletim Técnico: BT/PCC/06. São Paulo, EPUSP, 1985, 29 p.

LOPES, T.J.O.L.P. **Fenómenos de pré-patologia em manutenção de edifícios aplicação ao revestimento etics**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. 2005. 269 p.

LUZ, M. A. **Manifestações Patológicas Em Revestimentos Cerâmicos de Fachada em Três Estudos de Caso na Cidade de Balneário Camboriú**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. Boletim Técnico: BT/PCC/246. São Paulo: EPUSP, 1999,

NASCIMENTO, M. L. M. **Aplicação da Simulação Higrotérmica na Investigação da Degradação de Fachadas de Edifícios**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, 2016.

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

PAES, I. N. L; CARASEK, H. **Desempenho de argamassas de rejuntamento no sistema de revestimento cerâmico**, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC, Porto Alegre, v.2, 2002, p 93-103.

PAULO, P. V.; BRANCO, F.A.; BRITO, J. **Deterministic and stochastic prediction models for the buildings life platform**. XII DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components. Porto, Portugal. 2011.

PETRUCCI, H. M. C. **A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: interação entre as condições ambientais e a forma construída.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações.** Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986, 170 p.

PEZZATO, L. M. ; SICHIERI, E. P. ; PABLOS, J. M. . **Estudo de Casos em Fachadas revestidas com cerâmica.**

POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. **Desempenho, Durabilidades e Vida Útil das Edificações: Abordagem Geral.** Revista Técnico Científica, Curitiba, v. 1, p.1-18, 2013.

RESENDE, Maurício M.; BARROS, Mércio M. S. B; MEDEIROS, Jonas S. **A influência da manutenção na durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios.** São Paulo, 2001.

RESENDE, Maurício M.; **Manutenção preventiva de revestimentos de fachada de edifícios: limpeza de revestimentos cerâmicos.** M.M. São Paulo, 2014.

RIBEIRO, F. A.; BARROS, M. M. **Juntas de Movimentação em Revestimentos Cerâmicos de Fachadas.** São Paulo: Pini, 2010.

ROMÉRIO, Marcelo de Andrade. Simões, João Roberto Leme. **A importância do detalhamento de componentes construtivos de fachadas nos edifícios.** In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Goiânia, 1995.

ROSCOE, M. T. **Patologias em revestimento cerâmico de fachada.** 2008. 81f. Monografia (graduação). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. 2008.

SABBATINI, F. H.; BARROS, M. M. S. B. **Produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação .** A. F. F. S. Silva, "Previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes", Diss. Mestrado, IST-UTL, Lisboa, Portugal (2009).

SAHB, C. A. S. **Contribuição ao estudo da interface estrutura-alvenaria externa em edifícios verticais**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, 2005. 418 p.

SANTOS, M.R.P. **Metodologias de previsão da vida útil de materiais, sistemas ou componentes da construção**. Revisão bibliográfica. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010, 129p.

SARAIVA, A. G. **Contribuição ao Estudo de Tensões de Natureza Térmica em Sistemas de Revestimento Cerâmico de Fachada**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

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

SIENGE PLATAFORMA. Fachadas Ventiladas. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/fachadas-ventiladas/> . Acesso em: 05 mai. 2021.

SILVESTRE, J. **Sistema de Apoio à Inspeção e Diagnóstico de Anomalias em Revestimentos Cerâmicos Aderentes**. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2005.

SILVESTRE, J. D.; BRITO, J. Ceramic tiling in building façades: Inspection and pathological characterization using an expert system. **Construction and Building Materials**, 2011.

SIQUEIRA Jr., A. A. de. **Tecnologia de fachada-cortina com placas de grés porcelanato**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo: 2003. 199 p.

SOUSA, R. D. B. **Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas**. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2008.

STRAUBE, J. F. Moisture in buildings. **ASHRAE Journal**, v. 44, n. 1, p. 15–19, 2002.

TAKATA, S.; KIMURA, F.; VAN HOUTEN, F.; WESTKÄMPER, E.; SHPITALNI, M.; CEGLAREK, D. Maintenance: **Changing Role in Life Cycle Management**, CIRP annuals, 53(2), 2004, pp. 643-655.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: PINI, EPUSP, IPT, 1989.

TIGGEMANN, T. G. **Argamassas industrializadas para revestimento utilizadas na cidade de lajeado/rs: comportamento em diferentes substratos**. Centro universitário UNIVATES. Lajeado, 2016.

UCHÔA, J. C. B. **Procedimento numérico e experimental para a avaliação da resistência à fadiga de sistemas de revestimento**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007.

YIU, C.Y.; HO, D.C.W.; LO, S.M. **Weathering effects on external wall tiling systems**. *Construction and Building Materials* 21(3): 594–600, 2007.