Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT 2018

Abril de 2018

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MENSURAÇÃO DA DEGRADAÇÃO (MMD) NA DISTRIBUIÇÃO DE OCORRÊNCIA DE DANOS DE UM EDIFÍCIO EM BRASÍLIA

DANILO GONÇALVES DOS SANTOS
Mestrando; Engenheiro Civil
Universidade de Brasília
Distrito Federal; Brasil
engdanilo@live.com

MARIANA S. P. H. DE MACÊDO
Graduanda em Engenharia Civil
Universidade de Brasília
Distrito Federal; Brasil
mariana.sarnicola@gmail.com

JÉSSICA SIQUEIRA DE SOUZA
Doutoranda; Engenheira Civil
Universidade de Brasília
Distrito Federal; Brasil
engdanilo@live.com

ELTON BAUER
Doutor; Engenheiro Civil
Universidade de Brasília
Distrito Federal; Brasil
elbauerlem@gmail.com

RESUMO

A fachada é a principal barreira protetora contra os agentes atmosféricos atuantes em um edifício e, muitas vezes, em decorrência destes agentes, a fachada manifesta anomalias que levam a queda de desempenho do sistema de revestimento. A velocidade de queda de desempenho depende dos tipos de mecanismos de degradação atuantes e de suas intensidades. O presente estudo busca contribuir no estudo de manifestações patológicas através do Método de Mensuração de Degradação (MMD), desenvolvido por Bauer et al. Esta metodologia utiliza de mapeamento de danos, feito através de investigações em campo para análises das fachadas, por intermédio do cálculo de índices de degradação que mensuram o dano das fachadas. Este estudo considera o espaço amostral de um edifício em Brasília-DF constituído por revestimento de fachada em argamassa e pintura. Como resultado foi possível a quantificação das patologias do edifício estudado através do cálculo da área degradada pelos tipos de danos apresentados. Verificou-se que a ocorrência de manchas, fissuras e pulverulência como as manifestações patológicas que ocorreram com maior frequência no edifício estudado. Também foi possível verificar a influência de cada região e seus elementos a degradação do edifício, demostrando que as aberturas apresentaram maiores índices de patologias.
Palavras-chave: Degradação. Vida Útil. Fachadas.

ABSTRACT

The facade is the main protective barrier against the atmospheric agents acting in a building and, often as a result of these agents, the facade manifests anomalies that lead to the performance of the coating system. The performance drop speed depends of the types of degradation mechanisms and their intensities. The present study aims to contribute to the study of pathological manifestations through the Degradation Measurement Method (DMM), developed by Bauer et al. This methodology uses damage mapping, done through field investigations to analyze facades, through the calculation of degradation indexes that measure the damage of facades. This study considers the sample space of a building in Brasilia-DF consisting of mortar coating and painting. As a result, it was possible to quantify the pathologies of the studied building by calculating the degraded area by the types of damages presented. It was found that the occurrence of stains, fissures and pulverulence as the pathological manifestations that occurred most frequently in the studied building. It was also possible to verify the influence of each region and its elements to the degradation of the building, showing that the openings presented higher indexes of pathologies.
Keywords: Degradation. Live in Service. Facades.

1. INTRODUÇÃO

A estética da fachada define a primeira impressão que podemos ter de um edifício, podendo expressar características socioeconômicas, culturais e psicológicas de seus habitantes. Porem sua função vai muito além da estética, ela é a primeira barreira protetora da edificação contra as condições adversas do exterior, proporcionando também conforto higrotérmico, acústico e segurança aos seus usuários (ZANONI, 2015). Dentre os principais agentes que atuam sobre as fachadas podem-se citar a radiação solar, chuva, umidade ascensional, além de trocas de calor e vapor entre a superfície e o ambiente.

A fachada contribui de forma significante no desempenho do edifício, pois ela deve suportar e responder de forma satisfatória à ação destes agentes ao longo do tempo. Da mesma forma, os materiais empregados em sua construção são os principais responsáveis pelo desempenho da fachada, pois eles devem resistir aos mais variados esforços e oferecer estanqueidade à água e aos gases (SALOMÃO, 2016). O desempenho pode ser entendido como o comportamento em uso de um edifício habitacional e dos sistemas que o compõem (NBR 15575: 2013).

A fachada, sujeita aos agentes atuantes, começa seu processo de degradação logo após o final da obra e início da ocupação do edifício. Alguns aspectos como a correta escolha dos materiais utilizados, correta execução de detalhes construtivos, e o planejamento e execução de manutenções preventivas influenciam a vida da construção e favorecem ou retardam o envelhecimento das edificações (GASPAR, 2009). O processo de degradação continua até que os componentes ou materiais não sejam capazes de responderem às atividades para as quais foram projetadas. Este tempo é chamado vida útil do edifício. A norma ABNT NBR 15575:2013 define vida útil como o período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção.

O sistema de vedação vertical pode ser entendido como a parte da edificação habitacional que limita verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas (NBR 15575-4: 2013). Este sistema, nas construções habitacionais no Brasil, geralmente é composto por alvenaria em bloco cerâmico e revestimento em argamassa com acabamento final em pintura.

Os materiais utilizados no revestimento externo influenciam diretamente nas propriedades do componente, alterando de forma significativa a porosidade, o transporte de água, a ductilidade ou fragilidade do material (ARAÚJO Jr, 2004; SALOMÃO, 2016). O que também promoverá o surgimento de manifestações patológicas que afetam de forma significante o processo degradativo nas edificações (ANTUNES, 2010).

A degradação é manifestada através das patologias que podem ser observadas nos diversos sistemas dos edifícios. A patologia representa uma manifestação de desempenho deficiente de um material, componente ou sistema construtivo. Nakamura (2004) afirma que a maioria das patologias das fachadas tem origem na fase de projeto e execução, muitas vezes causadas pela ausência de detalhamento construtivo, especificações de materiais e do projeto de fachada em si, obrigando a tomada de decisão por parte dos construtores no canteiro de obras.

Tendo em vista a grande importância do desempenho de fachadas para a qualidade de todo o sistema de edificação, torna-se relevante o estudo da degradação nesses sistemas. Além disso, tem grande utilidade prática, revelando padrões e tendências de degradação, que fornecem subsídios para a prevenção e reparo de patologias.

Neste tema, podem ser destacados alguns trabalhos que mensuraram a degradação das fachadas em edifícios na região do Distrito Federal com foco em revestimento cerâmico (ANTUNES, 2010; SILVA, 2014; SOUZA, 2016; PINHEIRO, 2016). Outros, apesar de terem como foco o revestimento em argamassa são, em sua maioria, estudos portugueses que analisam as manifestações patológicas próprias da região europeia (GASPAR, 2009; FLORES-COLEN, 2009; SILVA *et al*. 2013).

Uma equipe de pesquisadores coordenada por Bauer, trabalhando juntamente com o Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília (LEM/UnB) obtiveram uma grande base de dados com amostras de fachadas de edifícios em Brasília e tem trabalhado arduamente na elaboração de metodologia de

inspeção, quantificação e análise da degradação em fachadas. Entretanto, a maioria destes trabalhos tem como foco revestimentos cerâmicos.

Portanto, este trabalho tem a intenção de contribuir com esta linha de pesquisa, aplicando o Método de Mensuração da Degradação (MMD), buscando quantificar o estado de degradação de um edifício em Brasília-DF com fachadas compostas por revestimento em argamassa e acabamento final em pintura.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho vem sendo desenvolvida e aplicada pelo Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília – LEM/UnB e, neste estudo, fundamenta-se em quatro etapas: investigação documental, investigação de campo, mapeamentos de danos da fachada, e análise dos resultados.

A fase de investigação documental é motivada pelo levantamento de informações técnicas do edifício. Nesta fase serão levantadas características arquitetônicas, identificação da sua tipologia, orientação das fachadas, nível de exposição às intempéries, sistema estrutural, sistema construtivo, especificações e projeto do sistema de revestimento de fachada. Permite, também, identificar a idade, o tipo de uso, o histórico de intervenções anteriores e ainda a existência e frequência das manutenções e reparos.

Na investigação de campo serão realizadas inspeções visuais detalhadas com registro fotográfico da área de amostragem. A precisão na identificação das anomalias depende das inspeções visuais e da coleta correta dos levantamentos fotográficos, que deve ser capaz de identificar falhas e danos visíveis existentes no sistema de revestimento de fachada.

Após a aquisição das fotos, obtenção do desenho esquemático do edifício e divisão das amostras, as fotos deverão ser mescladas e ortogonalizadas, conforme apresentado na figura 1 (b) e (c), para facilitar e melhor representar o mapeamento e quantificação das patologias, para isto utilizaremos o programa Adobe Photoshop CC 2017.

Figura 1 – Esquema de tratamento das imagens. (a) Fotos obtidas de uma amostra; (b) Mesclagem das fotos obtidas; (c) Correção de perspectiva da amostra.



(a) (b) (c)

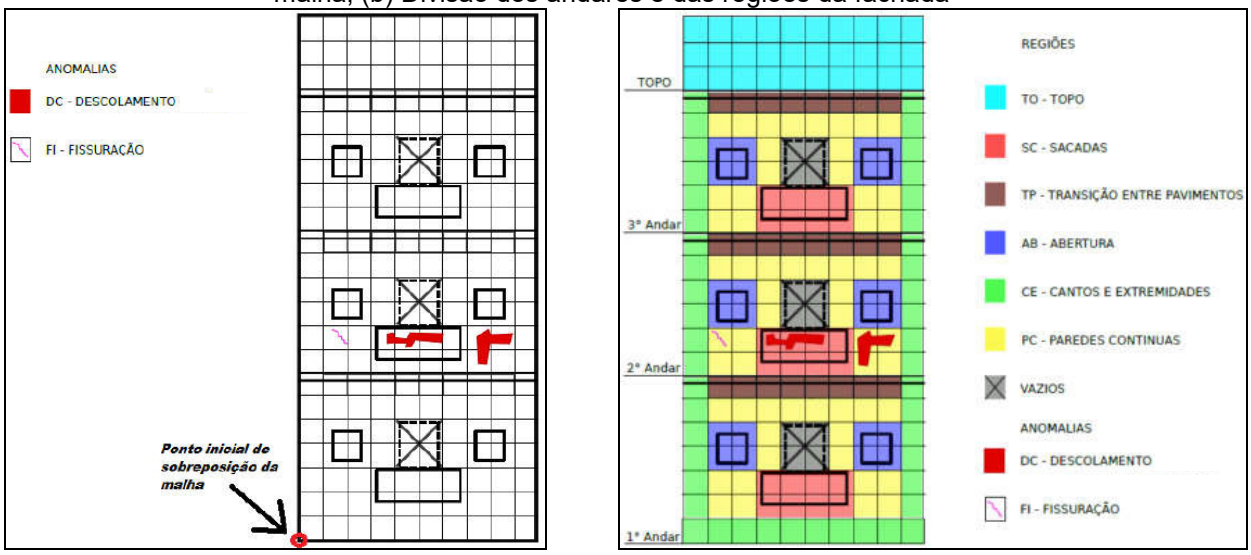
Fonte: Autoria própria.

Para realizar o mapeamento das patologias deveremos sobrepor o desenho esquemático do edifício sobre a imagem ortogonalizada e então identificar e destacar, através de desenhos, as patologias observadas. O mapeamento das fachadas apresenta a ocorrência de patologias por regiões das amostras, visando quantificar a incidência de danos e utilizar essas informações no diagnóstico.

A quantificação da área degradada será realizada o método do gradeamento, conforme estabelecido por Silva (2014), que se baseia na sobreposição de uma malha de dimensões de 0,50 m x 0,50 m, equivalente a 0,25 m², sobre as amostras. Define-se como ponto inicial da amostra, o ponto inferior esquerdo (Figura 2 a). Em seguida, realiza-se a contagem dos quadrados em que esteja presente algum tipo de anomalia, número que multiplicado pela área de cada unidade de malha (0,25 m²) fornece a área anômala.

Em seguida, faz-se uma divisão da fachada por andares e por regiões que compõem a fachada. As diversas regiões das fachadas apresentam processo de degradação diferenciado em virtude de fatores como forma de exposição, dimensão da área da região, dentre outros (SOUZA, 2016). Para o tratamento dos dados obtidos a partir dos mapeamentos realizados, são estabelecidos seis diferentes regiões de análise (Figura 2 b): 1 - Sacada (SC); 2 - Topo (TO); 3 - Aberturas (AB); 4 - Transição entre Pavimentos (TP); 5 - Cantos e Extremidades (CE); e 6 - Paredes Continuas (PC).

Figura 2 – Esquema ilustrativo para quantificação da área degradada. (a) Critério de sobreposição da malha; (b) Divisão dos andares e das regiões da fachada



(a) (b)

Fonte: Adaptado de SOUZA, 2016.

Na etapa de análise dos resultados obtemos o Fator de Danos (FD) das amostras e a identificação das patologias observadas de acordo com sua região e orientação. Com estes resultados poderemos identificar o grau de ocorrência de cada patologia e buscar associa-las à ação de um mecanismo específico de desenvolvimento do padrão de degradação observado

O FD permite estabelecer um parâmetro inicial de análise da degradação, tendo em vista que este resultado é um balizador dos estudos de degradação que estimam a vida útil de um edifício. O FD pode ser definido como o fator do somatório da área degradada dividido pela área total da amostra analisada. Podemos calcular o FD pela seguinte equação:

$$FD = \frac{\sum Ad(n)}{At} \quad (1)$$

Onde:
Ad = Área danificada de determinada anomalia (n) observada na fase de mapeamento;
At = Área total da amostra.

As patologias analisadas neste trabalho são divididas em dois grupos. O primeiro grupo decorre das patologias no revestimento em argamassa, compostas por cinco tipos, sendo: (1) Fissura; (2) Descolamento; (3) Pulverulência; (4) Mancha; e (5) Eflorescência. Já no segundo grupo as patologias são decorrentes do sistema de pintura, sendo elas: (1) Bolha; (2) Fissura (pintura); e (3) Descolamento (pintura).

3. RESULTADOS

O edifício, está localizado na cidade de Brasília-DF (latitude 15°46' Sul, longitude 47°53' Oeste e altitude 1.061 m), caracterizada por duas estações distintas: quente-úmida (outubro a abril) e quente-seca (maio a setembro).

O edifício analisado (SQN 306, Bl. D), apresentado na Figura 3 (a), consiste em um conjunto de 66 amostras, em que a área média é de 47,03 m² por amostra, perfazendo um total de 3104 m² de área de fachada. Seu sistema construtivo é em estrutura de concreto armado e fechamento em alvenaria de vedação com blocos cerâmicos. O sistema de revestimento é em argamassa com acabamento em textura fina. O edifício tem 42 anos desde sua ocupação e através de informações obtidas com os proprietários nunca houve reforma em sua fachada.

Ainda na Figura 3 (a) percebemos que as prumadas possuem uma maior quantidade de elementos arquitetônicos (sobressalto de pilares) e quantidade de aberturas em relação às empenas.

Através da Figura 3 b podemos observar a orientação da fachada, com prumadas no sentido Leste-Oeste e empenas no sentido Norte-Sul. Podemos observar também a grande presença de arvores na prumada Leste e empena Sul e edifícios vizinhos com a prumada Oeste e empena Norte. Com isto, podemos notar que todas orientações da fachada podem ser sombreadas no momento da incidência solar direta.

Figura 3 – Edifício em estudo. (a) Foto em perspectiva; (b) Vista superior com orientação cardeal

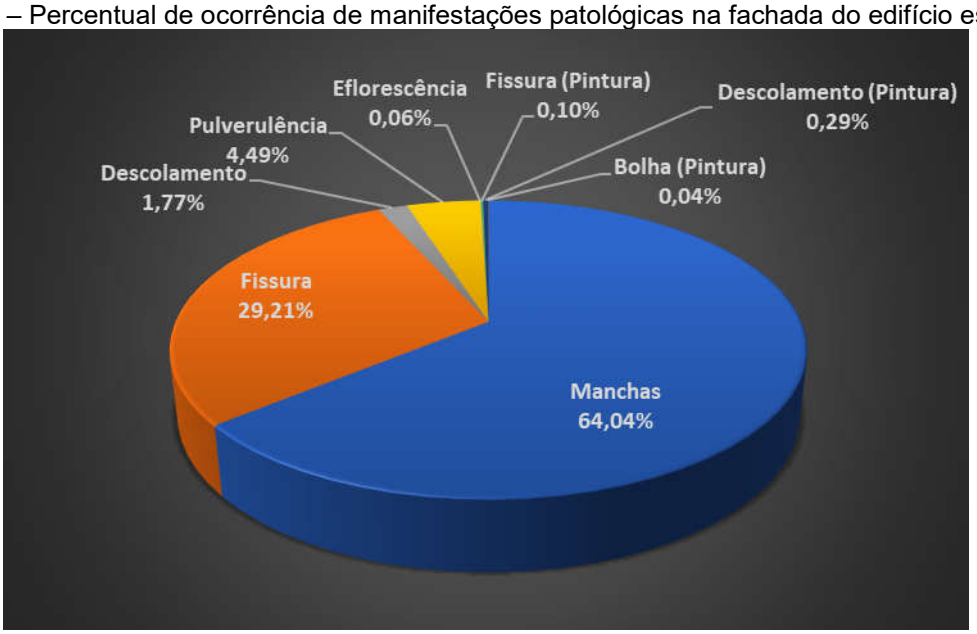


(a) (b)

Fonte: Adaptado de GOOGLE MAPS, 2017.

A Figura 4 apresenta o total de ocorrências encontradas no edifício analisado, distribuído percentualmente nos tipos de manifestações patológicas identificadas. Observa-se que as manchas é o tipo de dano mais encontrado (64,04%) seguido pela fissuração (29,21%) e pela pulverulência (4,49%). Podemos observar também que o grupo das três patologias da pintura (fissura, descolamento e bolhas) apresenta pequena ocorrência (0,43%).

Figura 4 – Percentual de ocorrência de manifestações patológicas na fachada do edifício estudado



Fonte: Autoria própria.

As manchas representam o grupo de anomalias com consequências menos graves. Embora, a longo prazo, todas as consequências de qualquer anomalia se tornam graves. As consequências das manchas são sobretudo de carácter estético, afetando pouco o desempenho do revestimento em argamassa (GASPAR, 2009).

Entretanto as manchas geralmente estão associadas à umidade e, nestes casos, a presença de água torna-se preocupante sobretudo quando associadas com anomalias do tipo fissuração ou destacamentos. Estas anomalias, entre outras consequências, permitem o transporte de sais para o interior do reboco que, ao aumentarem de volume, originam a destruição da matriz da argamassa (NORVAISIENE *et al*. 2003).

O aparecimento de fissuras se dá principalmente: a) na envoltória de aberturas decorrente da acentuada concentração de tensões; b) acompanhando os elementos estruturais decorrente de deformação devido às flechas em vigas ou pela deficiência de ancoragem, principalmente na região pilar/alvenaria; c) em parede contínua, devido aos movimentos diferenciais por razões estruturais ou higrotérmicas; d) oriundas de retração por secagem da argamassa logo após a execução; d) provocada pelo excesso de finos, elevada relação água/cimento ou finura do cimento; d) nos andares superiores, típica de solicitação térmica (PEREIRA, 2007).

A Figura 5 apresenta os totais de danos por regiões da fachada. As patologias estão localizados em torno das aberturas (29,91%), no topo do edifício (22,28%), nas paredes continuas (19,55%), na transição entre pavimentos (14,21%) e nos cantos e extremidades (14,03%).

Figura 5 – Percentual de ocorrência de manifestações patológicas por região de fachada



Fonte: Autoria própria.

A patologia mais comum nas regiões de abertura são as fissuras, que são causadas pela concentração de tensões junto aos vértices das janelas e portas, sobretudo pela ausência ou ineficiência de vergas e/ou contravergas. Entretanto esta região também é muito afetada pelas manchas, principalmente pela falta de elementos arquitetônicos como as pingadeiras, fazendo com que a água escoe sobre a superfície do revestimento podendo depositar partículas e favorecendo o surgimento de fungos nesta região.

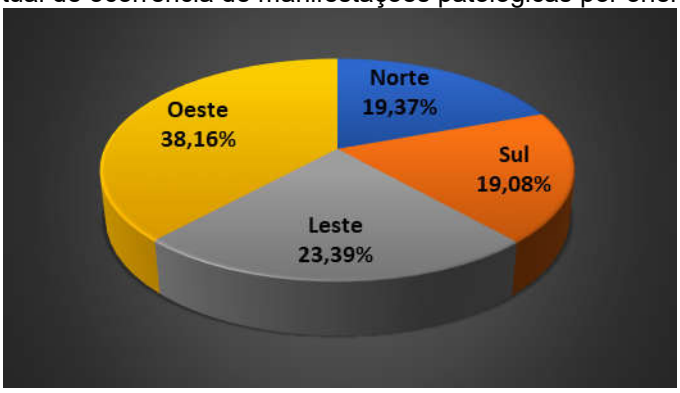
As falhas nas paredes contínuas podem estar associadas a retração causada por cura ineficiente ou retração autógena, que geram fissuras no revestimento. Outra possível causa de falhas nesta região é oriunda do comportamento à ação higrotérmica diferenciada entre os elementos da alvenaria e o revestimento.

Já o topo do edifício pode ser afetado principalmente pela ação da chuva dirigida, ocasionando molhamento mais intenso nesta região (ZANONI, 2016) e também maior solicitação térmica proveniente de uma maior incidência de radiação solar.

Já na transição entre pavimentos e cantos e extremidades foram verificados valores próximos, podendo ser explicado por um comportamento semelhante que estas duas regiões apresentam por serem área de encontro entre a alvenaria com pilares e vigas. Estas duas regiões são muito sensíveis a deformação estrutural, dilatação térmica e ancoragem deficiente.

Na Figura 5 é apresentada a distribuição de danos por orientação (Norte, Sul, Leste e Oeste). É possível observar que as orientações que mais apresentaram patologias foram Oeste (38,16%) e Leste (23,39%), seguidas pela orientação Norte (19,37%) e Sul (19,08%), que apresentaram valores próximos.

Figura 6 – Percentual de ocorrência de manifestações patológicas por orientação de fachada



Fonte: Autoria própria.

Podemos notar que as orientações que apresentaram maior ocorrência de patologias se coincidem com a orientação das prumadas (Leste-Oeste), isto pode ser confirmado pela semelhança entre os valores apresentados nas empenas (Norte-Sul). Se vincularmos este fato à ocorrência de manchas, que foi a patologia mais encontrada (apresentado na Figura 4), é possível presumir que este fator se dá pelos muitos elementos arquitetônicos (sobressalto dos pilares) apresentados nas prumadas (Figura 3 (a)). Estes elementos, além da retenção de água e partículas que sujam a fachada, podem causar sombreamento nos planos que dificultam a secagem e favorecem o desenvolvimento de microrganismos que também podem manchar a fachada.

Outro fator possível desta superioridade na ocorrência de patologias nas prumadas pode estar ligado a maior quantidade de aberturas nestas orientações. Isto se confirma quando comparamos esta informação com o maior percentual de ocorrências de patologias nas aberturas, observada na Figura 5.

Por fim, se analisarmos as prumadas e empenas separadamente, percebemos que a empena Norte apresentou mais danos do que a Sul. Com relação às prumadas, a Oeste apresentou a ocorrência de

14,77% mais danos que a Leste. Isto pode estar ligado a incidência solar direta nestas regiões (Norte e Oeste) serem maiores.

4. CONCLUSÕES

A ocorrência patológica não pode ser atribuída a uma única causa, geralmente é resultante da combinação de vários fatores e pode ser sucedida por uma combinação de efeitos que se acumulam até que se manifeste um dano maior este sentido, pode-se então concluir que:

- Entre as principais manifestações patológicas no edifício estudado, constatou-se a ocorrência de manchas, seguido pela fissuração e pulverulência com maiores influências na degradação.

- As regiões mais atingidas pela manifestação dos danos são as áreas em torno das aberturas, seguido pelas região de topo, paredes contínuas, transição entre pavimentos e por fim, cantos e extremidades.

- As prumadas apresentaram uma maior ocorrência de patologias em relação as empenas.

5. REFERÊNCIAS

ANTUNES, G. R. **Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachada em Brasília – Sistematização da Incidência de Casos**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

ARAÚJO Jr, J. M. **Contribuição ao estudo das propriedades físico-mecânicas das argamassas de revestimento**. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

FLORES-COLEN, I. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na optica da manutenção predictiva**. Dissertação de Doutorado. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

GASPAR, P. **Vida útil das construções: desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção - Aplicação a rebocos de edifícios correntes**. Dissertação de Doutorado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009

NAKAMURA, J. Projeto de fachadas. **Revista Téchne**, v. 92, 2004.

NORVAISIENE, R., Burlingis, A. & Stankevicius, V. Impact of acidic precipitation to ageing of painted facades' rendering, **Building and Environment**, 42(1), Janeiro, pp. 254-262, 2007.

PINHEIRO, P. I. S. **Aplicação do Método de Mensuração da Degradação (MMD) ao Estudo das Fachadas de Edifícios em Brasília**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

PEREIRA, C. H. **Contribuição ao estudo da fissuração, da retração e do mecanismo de descolamento de revestimentos à base de argamassa**, Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2007.

SALOMÃO, M. C. F. **Estudo da estrutura das argamassas de revestimento e sua influência nas propriedades de transporte de água**. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação

E.DT-06A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 248p, 2016.

SILVA, A. DIAS, J. L., GASPAR P. L. BRITO J. Statistical models applied to service life prediction of rendered façades. **Automation in Construction**, v. 30, p. 151-160, 2013.

SILVA, M. N. B. **Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida Útil de Revestimentos de Fachada – Aplicação ao Caso de Brasília/DF**. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SOUZA, J. S. **Evolução da degradação de fachadas - efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

ZANONI, V.A.G. **Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília**. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 293 p, 2015.