APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MENSURAÇÃO DE DEGRADAÇÃO EM REVESTIMENTOS DE FACHADAS

SOUZA, Jéssica (1); PIAZZAROLLO, Carla (1); BAUER, Elton (1)

(1) Engenharia Civil, Universidade de Brasília, jss.siqueira@gmail.com; carlabp@gmail.com; elbauerlem@gmail.com.

Resumo: *O processo de degradação presente em sistemas de revestimentos de fachadas pode prejudicar as atividades de operação do edifício, incidindo diretamente no desempenho e comprometendo a vida útil dos sistemas da edificação. Neste sentido, a presente pesquisa tem como objetivo verificar o grau de degradação de um edifício situado na cidade de Brasília. A degradação é mensurada pelo Método de Mensuração de Degradação (MMD) e, a partir dos indicadores de degradação, é realizada uma análise crítica das condições, necessidades de manutenção e vida útil do edifício estudado. Os resultados apontaram o descolamento cerâmico como o defeito mais incidente e as orientações Norte e Oeste como as orientações com maior gravidade de degradação.*

Palavras-chave: *Degradação, Vida útil, Fachadas, Revestimento Cerâmico.*

Área do Conhecimento: *Qualidade e desempenho de produtos e sistemas construtivos*

1 INTRODUÇÃO

O sistema de envoltória tem como função proteger o edifício e suas partes de ações externas que possam prejudicar o desempenho. A ocorrência de defeitos nas fachadas interfere no desempenho e compromete as funções básicas que o sistema de envoltória do edifício deve cumprir. O processo de degradação presente em sistemas de revestimentos de fachadas ocorre devido, principalmente, à exposição às intempéries e à negligência do usuário (Souza *et al*., 2018).

O desempenho pode ser verificado pelo nível de degradação existente no sistema pois, conforme Gaspar e Brito (2011), níveis crescentes de degradação são traduzidos por níveis decrescentes de desempenho. Os conceitos de desempenho e degradação são essenciais para a qualidade e economia dos edifícios. Dentro do contexto de qualidade técnica, o grau de degradação pode prejudicar as atividades de operação do edifício, incidindo diretamente no desempenho e comprometendo a vida útil dos sistemas da edificação (Bauer *et al*., 2015). No que tange aos aspectos econômicos de um edifício, o custo das atividades associadas à manutenção, recuperação e reabilitação, quando não previstas e não realizadas no momento correto, pode ser dispendioso (Flores-Colen e Brito, 2010).

Em consequência da norma de desempenho NBR 15575-1 (ABNT, 2013), que, dentre outros vários aspectos, estabelece o tempo de vida útil dos elementos das edificações, a compreensão do desempenho, processo de degradação e estimativa de vida útil de sistemas de edifícios é, sem dúvida, de grande valia para a ciência e prática da construção civil (Souza *et al*., 2016). Neste sentido, a presente pesquisa aborda o Método de Mensuração de Degradação, proposto por pesquisadores da Universidade de Brasília (Silva, 2014; Souza, 2016; Pinheiro, 2017), com o objetivo de verificar o grau de degradação de um edifício situado na cidade de Brasília e, dentro do perfil de degradação apresentado por Souza (2016), realizar uma análise crítica das condições, necessidades de manutenção e vida útil do edifício estudado.

2 MÉTODO DE MENSURAÇÃO DE DEGRADAÇÃO

O Método de Mensuração de Degradação (MMD) foi desenvolvido por pesquisadores do Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília (LEM-UnB) com o objetivo de verificar o nível de degradação de fachadas e como a condição de degradação pode afetar o desempenho do sistema de vedação (Pinheiro *et al*., 2017). O desenvolvimento do MMD foi baseado em informações fornecidas pelo LEM-UnB, que têm sido coletadas há mais de 25 anos. Inicialmente estas informações tinham o propósito de atender à demanda técnica, isto é, realização de inspeções prediais a fim de obter diagnósticos para possíveis procedimentos de manutenção a serem adotados.

O MMD é uma ferramenta sistemática que, por meio de vistorias, quantifica em área os defeitos presentes em fachadas, resultando, por fim, em indicadores de degradação. A coleta de informações e procedimentos de vistoria empregados pelo MMD consiste basicamente em cinco etapas: investigação documental, investigação de campo, ensaios laboratoriais, mapeamentos de danos da fachada e diagnóstico (Bauer *et al*., 2010; Silva, 2014; Pinheiro *et al*., 2017).

2.1 Investigação documental

A etapa de investigação documental refere-se à obtenção de informações técnicas do edifício a ser inspecionado. As informações técnicas obtidas abrangem localização, orientação, características construtivas e arquitetônicas, ano de habitação, projetos, tipo de uso e histórico de manutenções. Geralmente, estas informações são obtidas por síndicos, porteiros, moradores ou até mesmo pela construtora.

2.2 Investigação de campo

Na investigação de campo são realizadas inspeções visuais detalhadas com registo fotográfico e, em alguns casos, utilização de técnicas de inspeção complementares, tais como ensaio de percussão, ensaio de aderência à tração (*Pull-out*) e termografia. Nesta etapa inicia-se a inspeção *in-loco* do edifício para identificar a existência e as possíveis causas dos defeitos na fachada. Se possível, pode-se identificar as camadas constituintes e as espessuras das camadas.

O uso de ferramentas e equipamentos que facilitam a identificação e caracterização dos defeitos da fachada refletem diretamente na qualidade da investigação de campo. O uso de binóculo, trena e câmera fotográfica digital com boa resolução é comum nestas inspeções. O registro fotográfico deve exibir uma vista geral da fachada e uma vista parcial que permite identificar a localização dos defeitos identificados. As técnicas de inspeção complementar envolvem o uso de rapel para realizar o ensaio de percussão, dinamômetro de tração para o ensaio de aderência e câmeras de infravermelho para análises termográficas.

Todas as informações observadas devem ser registradas, pois estas servem como suporte e podem esclarecer o surgimento de alguns defeitos observados. A investigação de campo deve ser realizada por profissionais da área (engenheiros, técnicos de edificações, arquitetos), pois a precisão destas informações depende não só dos equipamentos utilizados, mas também do conhecimento e capacidade técnica do profissional que realiza a inspeção do edifício.

2.3 Ensaios laboratoriais

Os ensaios de laboratório são realizados quando há a necessidade de caracterizar os materiais. Estes ensaios, tais como ensaios de absorção e gretamento dos elementos cerâmicos, têm como objetivo fornecer informações quanto as propriedades e características do comportamento, em uso, dos materiais de revestimento.

2.4 Mapeamento de danos

A etapa de mapeamento de danos consiste na elaboração de um desenho esquemático da fachada inspecionada, onde é registrada a posição dos defeitos encontrados. A quantificação de defeitos existentes na fachada é baseada no mapa de danos. O procedimento para esta quantificação é iniciado pela sobreposição de uma malha ao mapa de danos e em seguida realiza-se a contagem sistemática do andar e da zona em que estão localizados os defeitos. Os critérios para sobreposição e definição das zonas da fachada estão detalhados nas pesquisas de Souza (2016) e Pinheiro (2017).

A quantificação de defeitos permite analisar a degradação da fachada em área (m²). A sistematização para a quantificação de defeitos permite, ainda, verificar as zonas e os andares mais críticos da fachada, fornecendo informações a serem consideradas no diagnóstico da inspeção. A mensuração da degradação gera como resultado indicadores de degradação (Fator de Danos e Fator Geral de Danos) que permitem avaliar a condição de degradação da fachada.

Inicialmente é realizada uma análise preliminar através do Fator de Danos (FD), que é um indicador de degradação que caracteriza a degradação em função da ocorrência de defeitos, a partir da razão entre a área degradada e a área total da fachada (Equação 01).

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

Onde, FD = Fator de Danos;

Ad = Área degradada (m²);

At = Área total da fachada (m²).

Posteriormente, para a análise da gravidade da degradação adota-se o Fator Geral de Danos (FGD), que é um indicador que pondera os diferentes defeitos, considerando o nível de degradação e a importância relativa de cada um deles. Os defeitos considerados pelo MMD em sistemas de revestimento cerâmico são descolamento cerâmico (DC), fissuração (FI), falha de rejunte (FR) e eflorescência (EF). O cálculo do FGD pode ser efetuado a partir da Eq. 02. Os valores de ponderação estão apresentados na Tabela 01.

$$FGD = \frac{Ad_{DC}.kn_{DC}.kcn_{DC} + Ad_{FI}.kn_{FI}.kcn_{FI} + Ad_{FR}.kn_{FR}.kcn_{FR} + Ad_{EF}.kn_{EF}.kcn_{EF}}{\sum kmáx.At} \quad (2)$$

Onde, FGD = Fator de Danos;

Ad = Área de defeito (m²);

kn = Nível de condição do defeito onde kn Є {1,2,3,4};

kcn = Importância relativa do defeito;

$kmáx$ = Constante de ponderação equivalente ao nível da pior condição (4_{DC} + 4_{FI} + 3_{FR} + 3_{EF} = 14);

At = Área total da fachada (m²).

Tabela 1 - Valores de ponderação do indicador de degradação FGD

Defeitos	kcn	Nível de condição (kn)	Área afetada (m²)
Descolamento Cerâmico	0,82	Nível 2	< 37,14%
		Nível 3	37,14% < x > 49,14%
		Nível 4	> 49,14%
Fissuração	1	Nível 2	< 4%
		Nível 3	4% < x > 6,05%
		Nível 4	> 6,05%
Falha de Rejunte	0,06	Nível 1	< 4,32%
		Nível 2	4,32% < x > 9,04%
		Nível 3	> 9,04%
Eflorescência	0,12	Nível 1	< 1,18%
		Nível 2	1,18% < x > 1,47%
		Nível 3	> 1,47%

Fonte: Souza (2016)

2.5 Diagnóstico

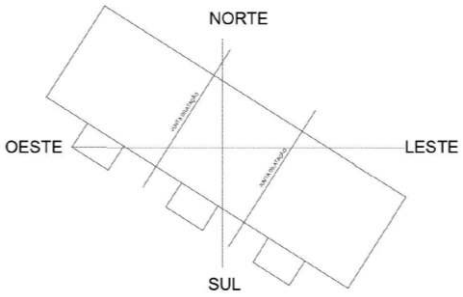
A fase de diagnóstico consiste em estabelecer critérios e hipóteses, a partir das informações anteriores, que permitam entender os mecanismos específicos responsáveis pela origem e desenvolvimento dos defeitos que ocorrem nas fachadas inspecionadas.

3 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO MMD

O método de mensuração de degradação foi aplicado a um edifício residencial, localizado na cidade de Brasília, com 6 pavimentos mais *pilotis* e fachada revestida por pastilhas cerâmicas claras, de dimensões equivalentes a 2 cm x 2 cm. A arquitetura da fachada contempla presença de elementos vazados (cobogó) e revestimento polimérico assentado entre armações de ferro (Figura 1A). As orientações das fachadas do edifício estão ilustradas na Figura 1B, destaca-se que a fachada posterior apresenta três caixas de escada, com elevador.

Figura 1 – Elementos de composição da fachada (A) e orientações das fachadas (B)

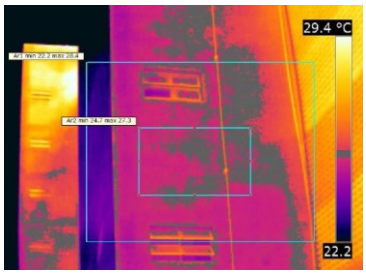
(A) 

(B) 

Na investigação do edifício foram utilizados câmera fotográfica e binóculo para a inspeção visual, bem como câmera termográfica como técnica de inspeção complementar. A Figura 2 ilustra um exemplo de registro fotográfico e termográfico.

Figura 2 – Registro de imagem fotográfica (A) e termográfica (B)

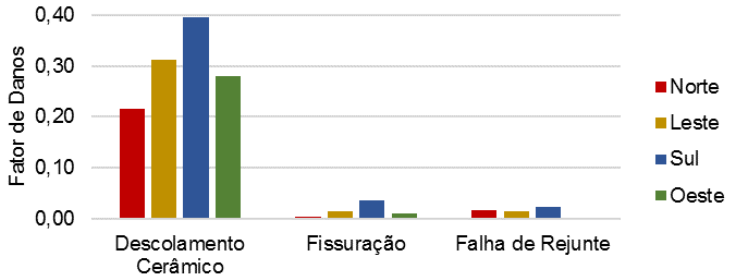
(A) 

(B) 

3.1 Indicadores de degradação

Os indicadores de degradação foram obtidos após elaboração do mapa da danos e quantificação de defeitos. Durante a inspeção não foi observada a presença de eflorescência. A Figura 3 apresenta os resultados de FD para os diferentes defeitos observados.

Figura 3 – Média dos valores de Fator de Danos de cada defeito nas orientações

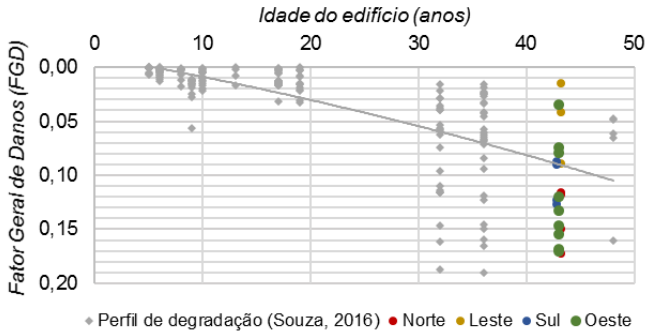


Observa-se que o defeito que apresentou maiores valores de FD é o descolamento cerâmico. Alguns pesquisadores (Bauer *et al.*, 2010) consideram, dentre os defeitos mais comuns em revestimentos cerâmicos, o descolamento cerâmico como o mais grave, pois interfere na segurança dos usuários, exigindo urgência na reparação, podendo ser um processo bastante oneroso.

Embora os valores de FD para fissuração e falha de rejunte, quando comparados ao descolamento cerâmico, sejam menores, nota-se que as orientações Sul e Leste apresentaram maiores valores que as demais orientações. Este resultado pode ser associado, nestas orientações, às amostras de caixas de escada, que são tipos de elemento construtivo que tendem a apresentar maiores níveis de degradação por sua configuração arquitetônica.

Os valores de FGD obtidos no estudo foram associados com o perfil de degradação traçado por Souza (2016) para edifícios residenciais de Brasília, com sistema de revestimento cerâmico. Os valores de FGD para as fachadas do edifício estudado estão destacados na Figura 4.

Figura 4 – Perfil de degradação com valores de FGD do edifício estudado



O indicador de degradação obtido para o edifício estudado apresentou uma amplitude relativamente elevada. Entretanto, quando estes valores são comparados com o perfil de degradação e analisados em função das orientações das fachadas, o grau de degradação converge com o esperado (Bauer *et al*., 2015). Embora os resultados de FD sejam maiores na orientação Sul, quando ponderado os defeitos em relação à gravidade de cada um deles, as orientações Norte e Oeste passam a ser as de maior tendência à degradação.

As fachadas com valores de FGD superiores à tendência geral do perfil de degradação possivelmente já atingiram o fim da vida útil e devem receber manutenção o quanto antes, pois o estado de degradação atual pode se agravar e comprometer a segurança dos usuários e a estrutura do edifício.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa mostrou que o Método de Mensuração de Degradação (MMD) é uma técnica muito útil no estudo da degradação das fachadas. A principal vantagem da aplicação do MMD é a possibilidade de verificar a condição de degradação e estimar a vida útil de uma fachada. Os resultados obtidos permitiram claramente compreender sobre a manifestação dos defeitos e facilitaram o entendimento de como o processo de degradação ocorre nas diferentes orientações ao longo de sua vida útil. Desta forma, o método proposto serve como ferramenta para elaboração de diretrizes para prevenir e corrigir a degradação de fachadas.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Programa de Pós-Graduação em Estruturas de Construção Civil Universidade de Brasília e o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

6 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575-1: Edifícios habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro. 2013.

Bauer, E., Kraus, E., e Antunes, G. R. Patologias mais correntes nas fachadas de edifícios em Brasília, 3º. Congresso Português de Argamassas de Construção – APFAC. p. 1-14. 2010.

Bauer, E., Silva, M. N. B., Zanoni, V. A. G., e de Castro, E. K. Perfis de degradação de fachadas de edifícios em Brasília-Brasil. Congresso de Patologia da Construção – CONPAT. p. 1-8. 2015.

Flores-Colen, I. S. e Brito, J. *A systematic approach for maintenance budgeting of buildings façades based on predictive and preventive strategies*. *Construction and Building Materials*, v. 24, p. 1718-1729 2010.

Gaspar, P. L. e Brito, J. *Limit states and service life of cement renders on façades. Journal of Materials in Civil Engineering*, v. 23, n. 10, p. 1396-1404, 2011.

Pinheiro, P. I. S. Metodologia para avaliação de degradação em fachadas. Monografia de conclusão de curso. Universidade de Brasília, 65p. 2016.

Pinheiro, P. I. S., Bauer, E. e Souza, J. S. Aplicação do Método de Mensuração da Degradação com a finalidade de quantificação da vida útil. Simpósio de argamassas e soluções térmicas – SBTA. p. 1-8. 2017.

Silva, M. N. B. Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – Aplicação ao caso de Brasília/DF. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília, 182p. 2014.

Souza, J. S. Evolução da degradação de fachadas - Efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 114p. 2016.

Souza, J. S., Bauer, E., Nascimento, M. L. M., Capuzzo, V. M. S. e Zanoni, V. A. G. *Study of damage distribution and intensity in regions of the facade. Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, v. 1, pp. 1-9. 2016.

Souza, J., Silva, A., de Brito, J., e Bauer, E. *Analysis of the influencing factors of external wall ceramic claddings' service life using regression techniques. Engineering Failure Analysis*, v.83, pp. 141-155. 2018.