ANÁLISE DAS ANOMALIAS EM SISTEMAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO NAS DIFERENTES ZONAS DA FACHADA

Tema: Desempenho de sistemas de revestimento.
Grupo[1]: 1

CARLA B. PIAZZAROLLO[1],JÉSSICA S. DE SOUZA[2],ELTON BAUER[3]

[1,2]Estudante do Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil– Universidade de Brasília/UnB, carlabp@gmail.com, jss.siqueira@gmail.com
[3]Prof. Dr.,Departamento de Engenharia Civil e Ambienta, Universidade de Brasília/UnB, elbauerlem@gmail.com

RESUMO
No que tange ao entendimento das patologias em revestimentos de fachada é constante a busca por identificar, entender e sistematizar os fenômenos que as provocam. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo mensurar, por meio do Fator de Danos da Anomalia (FD_A), a degradação das diferentes zonas da fachada de três edificações situadas em Brasília-Brasil. Os resultados indicaram que o descolamento cerâmico foi a anomalia mais preponderante em todas as zonas, aumentando sua intensidade com o aumento da idade dos edifícios, indicando ser o principal responsável pela degradação de sistemas de revestimento cerâmico em todas as zonas da fachada.

Palavras-chave: Degradação, Revestimento Cerâmico, Anomalias, Fachada.

ANALYSIS OF THE ANOMALIES IN CERAMIC TILES SYSTEM IN VARIOUS FACADE ZONES

ABSTRACT
Regarding the understanding of pathologies in facade tile, the search for identifying, understanding and systematizing the phenomena that cause them is constant. In this context, the present study aims to measure, through the Anomaly Damage Factor (FD_A), the degradation of the different zones of the facade of three buildings located in Brasilia-Brazil. The results indicated that ceramic detachment was the most important anomaly, increasing the intensity with the increase of the age of the buildings, indicating that it is the main responsible for the degradation of ceramic tile systems in all facade zones.

Key-words: Degradation, Ceramic Tile, Anomalies, Facade.

[1]**Grupo 1:**Oriundos de teses, dissertações e relatórios finais de projetos de pesquisa; ou **Grupo 2:** oriundos de disciplinas de pós graduação, iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso (TCC), pesquisas aplicadas e outros.

1. INTRODUÇÃO

Sob a perspectiva de buscar uma maior sustentabilidade ambiental, não só no Brasil, mas em todo o mundo, a durabilidade das edificações tem se tornado cada vez mais um campo menos negligenciado na tecnologia da construção. Neste cenário, normas como a ISO 15686-1:2000 e a ABNT NBR 15575-1:2013 foram lançadas a fim de auxiliar na avaliação da durabilidade e de estabelecer parâmetros de desempenho mínimos para as construções[1].

A capacidade de uma edificação ou de seus sistemas desempenhar as funções para as quais foi projetada e conservar seu desempenho requerido durante a vida útil, sob condições de uso e manutenção especificadas, é chamada durabilidade[2]. É altamente desejável, mas dificilmente viável, produzir edifícios que sejam livres de manutenção, uma vez que todos os elementos do sistema se deterioram em maior ou menor proporção, dependendo dos materiais e métodos de construção, das condições ambientais e da própria utilização do edifício[3,4].

As fachadas de um edifício constituem um conjunto de elementos com diferentes funções e características, exercendo a função de primeira envoltória de proteção das edificações frente aos diferentes tipos de solicitação causadas por esforços internos e externos[4,5], tendo papel fundamental no desempenho e na durabilidade das edificações. O sistema de vedação vertical proporciona conforto acústico e higrotérmico, além de proteção frente os agentes de degradação radiação solar, temperatura, chuva, vento, agentes químicos e biológicos[6].

Os principais agentes de degradação de fachadas são os agentes climáticos, com grande ênfase para a chuva dirigida e a radiação solar[7-9] e, cada um dos elementos do sistema têm respostas específicas aos agentes de degradação em termos de durabilidade e desempenho[10]. Para fachadas revestidas com cerâmica, os principais defeitos identificados como resultado da ação destes agentes, são o descolamento cerâmico, as fissuras, a falha de rejunte e a eflorescência[7,11].

Cada edifício, no entanto, tem suas particularidades e especificidades de construção, de modo que a resposta ao mesmo agente de degradação é única em cada situação. Desta forma, diferentes níveis de exposição de fachada ou de zonas de fachada e a maior ou menor sensibilidade dos elementos aos agentes de degradação podem levar a diferentes níveis de degradação em cada caso. Outrossim, uma vez que as anomalias acontecem em diferentes intensidades e tipos, dependendo da sua posição na fachada, torna-se evidente a existência de uma relação entre as causas do surgimento das anomalias e as zonas em que ocorrem[12,13].

Portanto, faz-se importante medir a intensidade dos defeitos em diferentes zonas do edifício e associá-la a diferentes agentes e mecanismos de degradação, de modo a entender como as diferentes anomalias se apresentam nas amostras de fachada, verificar a existência de

ISSN 1984-8757

padrões de degradação e determinar as anomalias mais preponderantes nos sistemas de revestimento cerâmico de fachadas.

Nesse contexto, o presente estudo consiste na aplicação do Método de Mensuração de Degradação (MMD), em três edifícios de Brasília, para a quantificação da degradação das fachadas ocasionada pelas quatro principais anomalias observadas em sistemas de revestimento cerâmico de fachadas (o descolamento cerâmico - DC, as fissuras - FI, a falha de rejunte - FR e a eflorescência - EF), a partir do índice de degradação Fator de Danos da Anomalia (FD_A).

2. MÉTODO DE MENSURAÇÃO DA DEGRADAÇÃO

Uma sistematização das inspeções técnicas em edifícios foi proposta, apresentada e descrita por Bauer e Castro[14], Antunes[15] e Silva[16], conforme cinco fases: investigação documental, investigação de campo, ensaios, mapeamentos de danos da fachada e diagnóstico. Ao conjunto de investigação e procedimentos de análise deu-se o nome de Método de Mensuração de Degradação (MMD).

Na etapa de mapeamento a degradação é efetivamente mensurada. Em primeiro lugar as fachadas são divididas em amostras, que são trechos de fachada com áreas menores que facilitam a identificação e representação dos danos. Na sequência uma malha com unidades de dimensões de 0,50 m x 0,50 m é sobreposta à amostra. Após a sobreposição da malha, as amostras de fachada são divididas em andares e em zonas, são elas: sacadas (SC), topo (TO), aberturas (AB), transição de pavimentos (TP), cantos e extremidades (CE) e paredes continuas (PC), nesta ordem. As anomalias são registradas em uma ficha de quantificação conforme a identificação no plano da fachada e, o valor da área total de cada amostra e da área danificada por andar e zona é obtido por meio do produto da área da unidade de malha (0,25 m²) pelo valor obtido da contagem simples de unidades de malha da amostra.

Após o mapeamento e de posse da área total e degradada por amostra e zona, calcula-se o indicador de degradação Fator de Danos da Anomalia (FD_A), conforme Equação 1.

$$FD_A = \frac{A_d}{A} \quad (1)$$

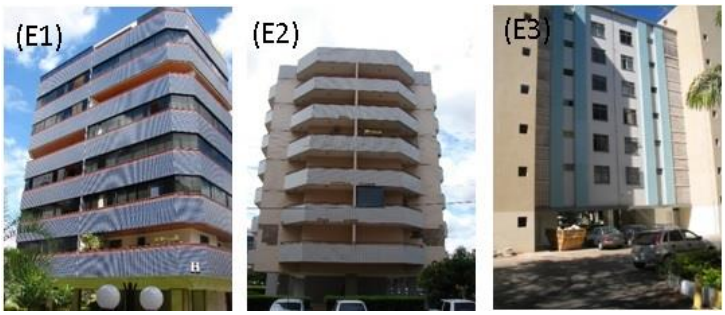
Onde FD_A é o Fator de Danos da Anomalia, A_d é a área de dano ocasionado por cada anomalia na amostra da fachada (m²) e A é área total da amostra de fachada (m²).

3. DESCRIÇÃO DA AMOSTRA

Três edifícios foram selecionados para a aplicação do MMD, todos eles no padrão de edifícios do plano piloto de Brasília, com 6 pavimentos tipo e pilotis. Foram escolhidas

edificações com idades de 8 anos (E1), 9 anos (E2) e 36 anos (E3) com o intuito de avaliar diretamente a influência do tempo na degradação das fachadas. O estudo foi realizado com um total de 52 amostras de fachada (10 de E1, 13 de E2 e 29 de E3), o que corresponde à aproximadamente 9000 m² de área. A Figura 1 mostra os edifícios estudados.

Figura 1 - Fachada dos edifícios estudados



4. RESULTADOS

A primeira avaliação do presente estudo foi feita por meio do indicador de degradação Fator de Danos da Anomalia (FD_A), que foi calculado para cada amostra dos três edifícios selecionados. Os resultados podem ser vistos nas Tabelas 1, 2 e 3. A média de FD_A das amostras de cada edifício também foi calculada de modo a facilitar as análises da evolução da degradação com o tempo.

Tabela 1 - Fator de Danos das Anomalias das Amostras do Edifício 1 (E1)

Amostra	PC	AB	SC	CE	TP	TO
	DC	DC	DC	DC	DC	DC
E1.1			0,097	0,022		0,006
E1.2			0,133	0,029		0,025
E1.3	0,006			0,004	0,006	
E1.4	0,012				0,008	0,005
E1.5	0,006			0,011		0,008
E1.6			0,021			
E1.7			0,055	0,012		0,007
E1.8						0,007
E1.9	0,016				0,002	
E1.10	0,027	0,006		0,003	0,008	0,011
Média	0,013	0,006	0,077	0,014	0,006	0,010

Para o edifício E1, o que se pode observar na Tabela 1 é que apenas a anomalia descolamento cerâmico foi identificada durante a inspeção, variando em intensidade não somente entre as amostras, mas também entre as zonas que compõem as fachadas do

ISSN 1984-8757

edifício. Em média, a maior intensidade de dano foi observada na zona de sacadas, seguida por cantos e extremidades, paredes contínuas, topo, abertura e transição de pavimentos.

Tabela 2 - Fator de Danos das Anomalias das Amostras do Edifício 2 (E2)

Amostra	PC		AB	SC		CE		TP	TO
	DC	FI	DC	DC	FI	DC	FI	DC	DC
E2.1				0,232		0,003			0,017
E2.2	0,095			0,180		0,045		0,043	0,025
E2.3	0,125	0,015	0,018	0,022	0,001	0,033	0,001	0,043	0,022
E2.4	0,071	0,002	0,014	0,007		0,037	0,001	0,035	0,007
E2.5	0,039		0,005	0,003		0,036	0,001	0,038	0,006
E2.6	0,048		0,010	0,007	0,002	0,026		0,036	0,007
E2.7	0,027		0,012	0,025		0,018		0,026	0,009
E2.8	0,042		0,010	0,004	0,002	0,030		0,022	0,004
E2.9	0,054		0,013	0,009		0,052		0,034	0,006
E2.10	0,055		0,002	0,003		0,053		0,028	0,010
E2.11	0,055		0,006	0,002		0,046	0,001	0,037	0,010
E2.12	0,077		0,011	0,006		0,056		0,033	0,010
E2.13	0,043		0,004	0,006		0,038		0,026	0,006
Média	0,061	0,009	0,010	0,039	0,002	0,036	0,001	0,034	0,011

Conforme a Tabela 2 nota-se que para o Edifício 2, diferente de E1, foram identificadas duas tipologias de anomalia: o descolamento cerâmico e a fissuração, que aparecem nas zonas de paredes contínuas, sacadas e cantos e extremidades. Os maiores valores de FD_A foram observados para o descolamento cerâmico, independente da zona, sendo o maior deles registrado nas paredes contínuas. Em contrapartida, o menor valor de FD_A foi para a fissuração na zona de sacadas.

Tabela 3 - Fator de Danos das Anomalias das Amostras do Edifício 3 (E3)

Amostra	PC			AB			CE			TP			TO		
	DC	FI	FR	DC	FI	FR	DC	FI	FR	DC	FI	FR	DC	FI	FR
E3.1	0,243	0,055	0,085	0,037	0,009	0,015	0,116	0,018	0,007	0,204	0,024	0,013	0,031	0,006	
E3.2	0,204		0,044							0,061		0,007	0,122		0,068
E3.3	0,122		0,095	0,003		0,013			0,029	0,029		0,034	0,069		0,106
E3.4	0,122		0,020							0,034		0,007	0,031		0,020
E3.5	0,148	0,015	0,097	0,027	0,009	0,022	0,079	0,031	0,011	0,053	0,004	0,016	0,009		0,009
E3.6	0,145	0,029	0,060	0,022	0,009	0,013	0,062		0,007	0,031	0,002	0,015			0,007
E3.7	0,228		0,187				0,054		0,037	0,061		0,068	0,102		0,075
E3.8	0,146		0,061	0,016		0,016	0,019		0,074	0,019		0,024	0,019		0,106
E3.9	0,272	0,010	0,289				0,041		0,017	0,034	0,003	0,031	0,071		0,170
E3.10	0,245	0,015	0,055	0,031	0,004	0,015	0,040	0,005	0,004	0,066	0,002	0,007	0,009		
E3.11	0,194	0,029	0,077	0,026	0,013	0,026	0,073	0,011	0,005	0,071	0,002	0,024	0,015	0,002	0,005
E3.12	0,197		0,075				0,041		0,007	0,054		0,014	0,129		
E3.13	0,140		0,011	0,008			0,016		0,021	0,016		0,005	0,135		0,146
E3.14	0,316	0,017	0,044				0,037			0,088	0,003		0,177		0,041
E3.15	0,478	0,016	0,044	0,057	0,004		0,068	0,013	0,015	0,132	0,007	0,009	0,053		
E3.16	0,493	0,022	0,013	0,079	0,011	0,005	0,077			0,139	0,002		0,048		
E3.17	0,299		0,024				0,088		0,003	0,085		0,027	0,136		0,102

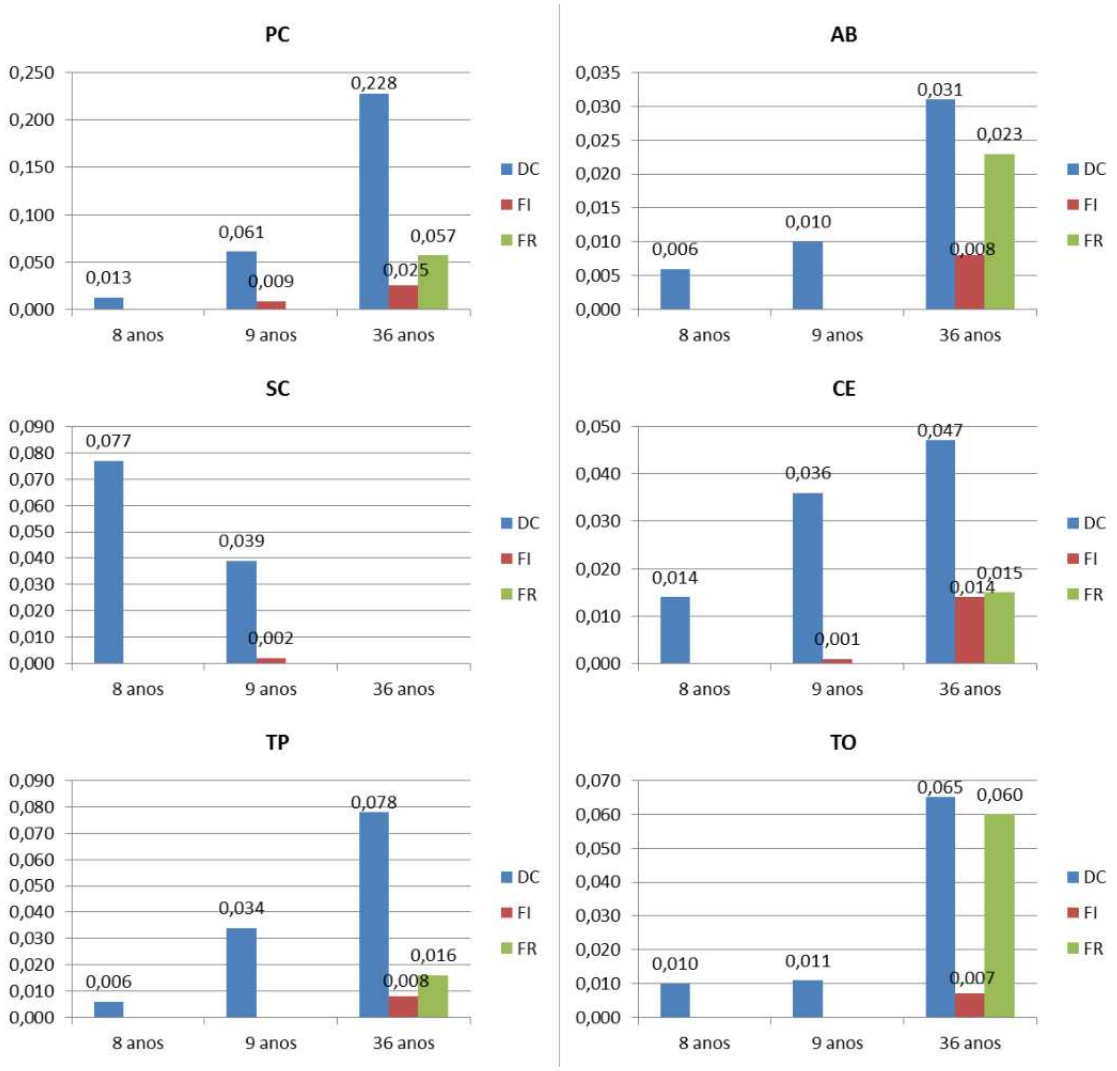
E3.18	0,254		0,058	0,013	0,003	0,008	0,021	0,003	0,011	0,040		0,005	0,151		0,011
E3.19	0,493		0,051				0,095		0,003	0,119			0,262	0,027	
E3.20	0,434	0,020	0,020	0,059	0,004	0,005	0,082	0,002	0,002	0,126	0,005	0,015	0,031		0,022
E3.21	0,171	0,024	0,019	0,018	0,007	0,007	0,015	0,008	0,002	0,103	0,009	0,015	0,029	0,003	0,005
E3.22	0,219	0,041	0,009	0,050	0,008	0,023		0,019		0,145	0,035	0,001			
E3.23	0,196	0,056	0,013	0,050	0,018	0,026	0,031	0,031	0,018	0,144	0,033				
E3.24	0,198	0,027	0,016	0,044	0,003	0,018	0,018	0,025		0,093	0,002	0,014	0,013		
E3.25	0,095	0,018	0,067	0,010	0,010	0,079	0,013			0,079	0,001	0,007	0,022	0,001	
E3.26	0,125	0,026	0,036	0,024	0,005	0,054	0,003			0,052			0,005		
E3.27	0,053	0,011	0,005	0,025	0,009	0,031	0,019	0,014		0,084	0,004	0,010	0,005		
E3.28	0,066	0,016	0,014	0,014	0,003	0,043	0,011	0,012		0,024	0,001	0,006	0,003		
E3.29	0,301	0,019	0,052				0,044	0,001	0,003	0,065		0,015	0,016	0,002	
Média	0,228	0,025	0,057	0,031	0,008	0,023	0,047	0,014	0,015	0,078	0,008	0,016	0,065	0,007	0,060

Observa-se na Tabela 3 que no edifício E3, todas as zonas apresentaram as anomalias descolamento cerâmico, fissura e falha de rejunte. Nota-se ainda que, independe da zona, o descolamento cerâmico foi a anomalia mais preponderante em todas as amostras de fachada. Com relação aos valores de FD_A, para todas as zonas, a média da intensidade do descolamento cerâmico foi superior às demais anomalias e o maior valor, observado para a zona de paredes contínuas, é cerca de três vezes maior que o FD_A na transição de pavimentos, que foi o segundo valor mais relevante. Mais uma vez, nota-se que a intensidade dos danos varia entre as zonas e também entre as amostras do edifício.

Os resultados observados por meio do FD_A indicam que a anomalia mais preponderante em sistemas de revestimento cerâmico de fachada é o descolamento cerâmico, sendo seu dano bastante evidente na zona de paredes contínuas. Esta constatação está relacionada ao fato de que as maiores extensões de área de um edifício são exatamente de paredes contínuas. Além disso, é possível perceber que o estudo das diferentes zonas que constituem as fachadas é de extrema importância para o melhor entendimento da degradação, uma vez que o dano associado a cada anomalia, e também a sua intensidade, varia conforme a idade e a posição ao longo do plano da fachada do edifício.

Para analisar com maior propriedade o efeito da degradação ao longo da vida útil do edifício foram elaborados gráficos que associam o FD_A com a idade, para cada tipo de anomalia observada. Os resultados podem ser vistos na Figura 2.

Figura 2 - Média do Fator de Danos das Anomalias (FD_A) por zonas



Por meio de uma análise direta da Figura 2, é possível notar que para as zonas PC, AB, CE, TP e TO mostram uma evolução da degradação diretamente proporcional à idade, ou seja, tanto maior é a idade, maior é ao valor de FD_A, independente da anomalia observada. Nota-se ainda que a presença de fissura e falha de rejunte se torna mais evidente no edifício 3, em que a idade é aproximadamente 4 vezes maior que em E1 e E2, indicando que com o passar dos anos, a tendência é que diferentes anomalias passem a se manifestar no edifício, independente da zona avaliada. A Figura 2 permite concluir também que o descolamento cerâmico é, de fato, a anomalia mais preponderante nas zonas, em qualquer idade e em todos os edifícios, seguido pela falha de rejunte e pela fissuração.

Com relação à zona SC, nota-se uma inversão da ordem de degradação com o aumento da idade. Neste caso, a mudança nos valores de FD_A já era esperada, uma vez que como é

possível observar na Figura 1, o edifício E1 apresenta uma grande extensão de área de sacadas, favorecendo o aparecimento das anomalias neste edifício em detrimento dos demais. A não identificação da presença de anomalias no edifício E3 na zona de sacadas está relacionada ao fato de este edifício não apresentar esta zona em sua constituição.

5. RESULTADOS

Por meio do emprego do Método de Mensuração de Degradação (MMD) foi possível conhecer a intensidade da degradação das fachadas de três edifícios localizados na cidade de Brasília – DF, associada às principais anomalias correntes em sistemas de revestimento cerâmico de fachada.

Os resultados mostram que o estudo das zonas que compõem as fachadas é bastante importante no entendimento do comportamento da degradação já que as Tabelas 1, 2 e 3 deixaram evidente a variação da intensidade da degradação não somente entre as amostras de fachada de mesmo edifício, mas principalmente entre as diferentes zonas.

O descolamento cerâmico foi o dano mais recorrente e mais intenso para todos os edifícios estudados, independente da zona avaliada. A maior intensidade média do índice de degradação Fator de Danos da Anomalia (FD_A) foi observada na zona de paredes contínuas (0,228) no edifício E3, devido à maior extensão de área desta zona quando comparada as demais.

Por fim, nota-se que a degradação das fachadas dos edifícios tende a crescer com o avanço da idade, assim como a variedade de anomalias identificadas nas amostras aumenta. No entanto, por meio dos resultados encontrados para o indicador de degradação na zona de sacadas, constata-se que a influência da idade não é a única responsável pelo valor de FD_A, variando também com a extensão de área de cada uma das zonas componentes da fachada.

6. RESULTADOS

1. SOUZA, J.; BOZZI, C.; BAUER, E. Influence of the elements contained by the facade on the degradation process. **XVI International Conference on Building Pathology and Construction Repairs – Cinpar**, 2018, pp. 13.

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 15575-1** - Edificações habitacionais — Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais, 2013.

3. FLORES-COLEN, I.; DE BRITO, J.; DE FREITAS, V. P. Stains in facades' rendering–diagnosis and maintenance techniques' classification. **Construction and Building Materials**, 2008, 22(3), pp. 211-221.

4. GASPAR, P. L. End of the Service Life of Ceramic Cladding: Lessons from the Girasol Building in Madrid. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, 2017, 31(2), pp. 04016088.

5. MADUREIRA, S.; FLORES-COLEN, I.; DE BRITO, J.; PEREIRA, C. Maintenance planning of facades in current buildings. **Construction and Building Materials**, 2017, 147, pp. 790-802.

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

7. BAUER, E.; KRAUS, E.; SILVA, M. N. B.; ZANONI, V.A.G. Evaluation of Damage of Building Facades in Brasília. **13th DBMC – International Conference on Durability of Buildings Materials and Components**, 2014, São Paulo, Brazil, pp. 535–542.

8. BARREIRA, E.; DE FREITAS, V.P. Evaluation of Surface Humidification of Exterior Insulation and Finish Systems. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, 2016, 30(2), pp. 04015026.

9. MAZER, W.; SILVA, L. M. R.; LUCAS, E.; SANTOS, F. C. M. Evaluation of pathological manifestations in buildings according to orientation geographic. **ALCONPAT**, 2016, 6(2), pp. 145-156.

10. SILVA. A.; GASPAR, P.; DE BRITO, J. **Methodologies for Service Life Prediction of Buildings: With a Focus on façade Claddings**. Springer International Publishing, 1st Ed, 2016, Switzerland.

11. SILVESTRE, J. D.; DE BRITO, J. Ceramic tiling in building facades: Inspection and pathological characterization using an expert system**. Construction and Building Materials**, v. 25, n. 4, 2011, pp. 1560-1571.

12. BAUER, E.; CASTRO, E. K.; LEAL, F. E.; ANTUNES, G. R. Identification and quantification of failure modes of new buildings façades in Brasília. **12th DBMC – International Conference on Durability of Buildings Materials and Components**, 2011, Porto, Portugal, pp. 1089-1096.

13. SOUZA, J. S.; BAUER, E.; NASCIMENTO, M. L. M. Estudo da quantificação da degradação de fachadas de edifícios por meio do mapeamento de anomalias. **IV CIRMARE – Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios**, 2015, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 1-12.

14. BAUER, E., CASTRO, E. K. **Metodologia de estudo das patologias das fachadas de edifícios. Relatório interno** - Laboratório de Ensaio de Materiais - LEM – UnB, Universidade de Brasília, 2007, Brasília.

15. ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília: sistematização da incidência de casos**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2010, Brasília.

16. 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, 2014, Brasil, pp. 217.