XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas
Porto Alegre/RS - 11 a 13 de junho de 2025

DIFERENCIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DA DEGRADAÇÃO EM FACHADAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO

Differentiation of degradation behavior in ceramic claddings facades

ANA LUIZA ROCHA DE SOUZA[1], MATHEUS DE SOUZA SILVA[2], HELLEN DE ARAÚJO COSTA RODRIGUES[3], ELTON BAUER[4]

[1] Doutoranda, Universidade de Brasília/UnB, luiza31souza@gmail.com
[2] Doutorando, Universidade de Brasília/UnB, matheus.engcv@outlook.com
[3] Mestranda, Universidade de Brasília/UnB, hellen_acr@hotmail.com
[4] Professor, Universidade de Brasília/UnB, elbauerlem@gmail.com

RESUMO

O processo evolutivo da degradação de fachadas, é influenciado por agentes e mecanismos de degradação, orientação, idade e condições de exposição. Propõe-se investigar a degradação de fachadas de revestimento cerâmico situadas na cidade de Brasília, com o objetivo de avaliar o seu comportamento, a partir de um modelo numérico quadrático que relaciona agentes e mecanismo de degradação, incrementados pela idade. A investigação torna evidente que a degradação, quantificada através do Método de Mensuração da Degradação (MMD), se comporta de modo distinto ao longo do tempo e em função da edificação. A diferenciação da degradação é uma contribuição do estudo por permitir modelações mais próximas da realidade e auxiliar em atividades de manutenção. O limite de vida útil que corresponde a 0,05, baseado no indicador de Fator Geral de Degradação (FGD), é ultrapassado entre 20 e 30 anos, e após atingido esse intervalo a degradação apresenta diferenciação da sua tendência evolutiva.

Palavras-chave: Fachadas. Revestimento cerâmico. Degradação. Vida útil. Modelação.

ABSTRACT

The evolutionary process of facade degradation is influenced by degradation agents and mechanisms, orientation, age and exposure conditions. The aim of this study is to investigate the degradation of ceramic cladding facades located in the city of Brasília, with the aim of evaluating their behavior, based on a quadratic numerical model that relates degradation agents and mechanisms, incremented by age. The investigation makes it clear that degradation, quantified through the Degradation Measurement Method (MMD), behaves differently over time and depending on the building. Differentiating degradation is a contribution of the study as it allows modeling that is closer to reality and helps in maintenance activities. The service life limit, which corresponds to 0.05, based on the General Degradation Factor (FGD) indicator, is exceeded between 20 and 30 years, and after reaching this interval, degradation presents a differentiation in its evolutionary trend.

Key-words: Facades. Ceramic claddings. Degradation. Service life. Modeling.

Como citar:
SOUZA, A. L. R.; SILVA, M. S.; RODRIGUES, H. A. C.; BAUER, E. Diferenciação do comportamento da degradação em fachadas de revestimento cerâmico. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025

INTRODUÇÃO

Os sistemas de fachadas exercem funções relevantes para o desempenho dos edifícios. São responsáveis por auxiliar na estanqueidade, impedindo a passagem de água ou umidade, seja proveniente de chuvas ou outras fontes geradoras. Além disso, quanto ao desempenho das fachadas, outra função importante é proteger os ambientes internos do clima exterior. As fachadas de modo geral atuam na proteção do edifício contra as intempéries e adicionalmente são responsáveis por garantir segurança, estética e conforto aos seus usuários [1-4]. Se pode afirmar que a envoltória do edifício, por se tratar do elemento mais externo de uma edificação, é um sistema que recebe diversas solicitações.

Por sua elevada exposição, existem diversos agentes de degradação atuantes, principalmente de origem climática. A ação dos agentes climáticos e mecanismos é ponto crucial para desencadear a degradação de elementos de fachada e contribuir para a sua evolução ao longo do tempo. Considerando as singularidades de exposição em função da orientação no Hemisfério Sul, fachadas de orientação Norte com maior incidência de radiação solar do decorrer dos doze meses do ano, tendem a apresentar índices de degradação mais elevados [5-10].

A aplicação do Método de Mensuração da Degradação (MMD) com o intuito de investigar um conjunto de edifícios resulta em indicadores de degradação que permitem diversas formas de análises do comportamento da degradação, desde as mais específicas as mais gerais. Além disso, também é possível obter modelos matemáticos de degradação, que permitam realizar a estimativa de vida útil das fachadas, desde que a base de dados seja definida adequadamente [3]. O principal indicador de degradação é o Fator Geral de Degradação (FGD) que é calculado a partir das áreas degradadas por diferentes anomalias, ponderada por fatores específicos de gravidade e relevância. Com base em estudos já desenvolvidos, o limite de degradação que diferencias as fachadas entre degradadas e não degradadas corresponde ao valor de FGD igual a 0,05 [3]. Esse valor de FGD indica que a vida útil da fachada foi alcançada e que o sistema de revestimento não atende mais as funções para as quais foi projetada e construída.

Os modelos de degradação ou de previsão da vida útil representam a evolução do processo de degradação ao longo do tempo e estimam o desempenho do sistema [5]. A modelação da degradação é usada para compreensão de um comportamento através das equações matemáticas. Essas formulações não expressam perfeitamente a realidade modelada, mas se aproximam dela, permitindo a compreensão e comparação quantitativa de parâmetros que influenciam na vida útil do elemento em análise [11]. Os modelos de degradação podem representar a evolução do processo de degradação ao longo do tempo e estimar o desempenho do sistema ao equacionar a evolução da degradação de forma quantitativa em relação às variáveis que o explicam [12-18].

É necessário entender a atuação dos agentes e o comportamento heterogêneo da degradação de fachadas para possibilitar intervenções precisas quando necessário e direcionamento das atividades de manutenção. A presente investigação da degradação analisa fachadas em revestimento cerâmico de 12 edifícios localizados em Brasília-DF, identificando diferentes comportamentos ao longo da degradação. Essa abordagem utiliza um modelo numérico

quadrático que relaciona agentes e mecanismo de degradação, incrementados pela idade, com a degradação apresentada pelas fachadas, quantificada através do Método de Mensuração da Degradação (MMD). O estudo pode ser aplicado para entender e quantificar a relação entre os mecanismos e agentes, melhorar a precisão de modelos de degradação e balizar investigações associadas a previsão de vida útil. Com a investigação é possível identificar as principais características do comportamento evolutivo da degradação ao longo do tempo, representando uma significativa contribuição no estudo da evolução da degradação.

PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação se pauta no estudo da degradação quantificada para 12 edificações localizadas na cidade de Brasília - DF. Se busca obter perfis e padrões de evolução da degradação diferenciados em função do tempo e do limite de vida útil.

CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES E AMOSTRAGEM

A base de dados empregada neste estudo é um conjunto de edifícios da base de dados global desenvolvida no âmbito do DMMPROJECT: *Degradation: measurement and modelling*, elaborado e mantido por pesquisadores da Universidade de Brasília. Todos os edifícios monitorados do DMMPROJECT situam-se na cidade de Brasília-Brasil.

Conforme a classificação de características climáticas de Köppen [19], Brasília tem clima tropical com inverno seco, devido ao longo período de seca durante o ano, sendo a cidade classificada como zona bioclimática 4 [20]. Na tipologia construtiva as fachadas possuem elementos semelhantes e as empenas laterais cegas e o sistema de fechamento vertical no que diz respeito à vedação, emprega blocos cerâmicos com revestimento em cerâmica com ou sem acabamento em tinta, são as mais comumente utilizadas [21-22]. Em relação aos edifícios pontua-se que possuem finalidade de uso residencial e seguem um padrão arquitetônico e possuem 6 andares mais pilotis, que é um espaço aberto que permite a circulação dos usuários no térreo da edificação. O sistema estrutural é em concreto armado e as vedações em alvenaria de tijolos cerâmicos.

Para análise das fachadas e consequente mensuração da degradação, se desenvolve uma metodologia para definição das amostras de estudo conforme o MMD. Para todos os edifícios se subdivide as respectivas fachadas em amostras. Cada amostra é investigada de forma individualizada. Para a presente investigação são utilizadas 34 amostras com revestimento cerâmico. Os 12 edifícios analisados são divididos conforme intervalo de idade, como apresentado na Tabela 1. Na tabela também é possível encontrar a quantidade de amostras de cada faixa de idade. Ressalta-se que para a análise não são selecionadas amostras de 0 a 10 anos, devido as anomalias presentes nessa faixa de idade serem em sua grande maioria decorrentes de falhas construtivas.

Tabela 1 – Divisão das amostras por idade.

Faixas de Idade	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4
Nomenclatura	A	B	C	D
Intervalo de Idade (anos)	10-20	21-30	31-40	> 40
Quantidade de amostras	13	6	8	7

Fonte: Os autores (2025).

Na Tabela 2 estão detalhadas as amostras pertencentes a cada um dos 12 edifícios considerados na análise. Na tabela estão indicados além da nomenclatura das 34 amostras, qual a sua orientação e idade em anos. Observa-se que a seleção possui amostras em todas as orientações solares, o que favorece o processo de pesquisa devido a degradação ocorrer de forma particular em cada orientação.

Tabela 2 – Informações de orientação e idade de cada amostra.

12 Edifícios	Amostras	Orientação	Idade (anos)
1	A1.1	Noroeste	13
	A1.2	Sudeste	13
	A1.3	Nordeste	13
2	A2.1	Nordeste	17
	A2.2	Leste	17
	A2.3	Sudeste	17
	A2.4	Sudoeste	17
	A2.5	Oeste	17
	A2.6	Noroeste	17
3	A3.1	Nordeste	19
	A3.2	Sudeste	19
	A3.3	Sudoeste	19
	A3.4	Noroeste	19
4	B1.1	Leste	24
	B1.2	Sul	24
5	B2.1	Norte	28
	B2.2	Leste	28
	B2.3	Oeste	28
6	B3.1	Leste	27
7	C1.1	Norte	35
	C1.2	Sul	35
8	C2.1	Nordeste	36
	C2.2	Sudeste	36
	C2.3	Noroeste	36
9	C3.1	Norte	38
	C3.2	Leste	38
	C3.3	Sul	38
10	D1.1	Norte	41
	D1.2	Sul	41
11	D2.1	Sul	43
12	D3.1	Nordeste	43
	D3.2	Sudeste	43
	D3.3	Sudoeste	43
	D3.4	Noroeste	43

Fonte: Os autores (2025).

QUANTIFICAÇÃO DA DEGRADAÇÃO

O Método de Mensuração da Degradação (MMD) propõem quantificar a degradação em um processo que permite a definição de indicadores quantitativos da degradação para cada amostra de fachada investigada. A Figura 1 apresenta um dos edifícios da base de dados decomposto em cinco amostras individualizadas identificadas como A1, A2, A3, A4 e A5. O método apresenta alguns indicadores de degradação principais como o Fator de Danos (FD), e o Fator de Degradação Geral (FGD).

Figura 1 - Subdivisão de uma fachada em cinco amostras individuais.



Fonte: Os autores (2025).

O FD é um parâmetro inicial do estudo do fenômeno de degradação. Esse indicador de degradação é uma medida básica da degradação que permite delinear a degradação para análises mais complexas, assim sendo importante para o entendimento do fenômeno estudado [23]. O FD representa extensão de área degradada da fachada e é obtido pela equação 1. O FD permite realizar diversas análises, tais como a distribuição das anomalias, bem como as zonas mais degradadas, os elementos construtivos mais susceptíveis a degradação, a orientação com maior tendência a degradar-se, entre outras.

$$FD = \frac{\sum A_{d\,(n)}}{A_t} \quad (1)$$

Onde: FD é o Fator de Danos, $Ad(n)$ é a área de determinada anomalia (n) em m² e At é a área total da amostra de fachada em m².

O FGD é determinado de acordo com a equação (2) e é calculado para cada amostra de fachada em qual sua área é mapeada em relação às anomalias observadas. O mapeamento quantifica a extensão degradada para cada grupo de anomalias, e esta informação também é registrada com as zonas em que ocorrem. O cálculo do FGD considera o fator de gravidade (G) e o importância relativa da anomalia (RI). O significado do indicador FGD é avaliar a gravidade da degradação de uma amostra em relação à condição mais crítica possível. O FGD quantifica e faz o somatório da área degradada total de cada grupo de anomalias e a pondera por fatores de gravidade e importância (G e RI), e a divide pela pior condição possível em que toda a área da amostra é multiplicada pelo somatório dos índices de gravidade das anomalias. Diversas

amostras são investigadas para cada fachada, o que torna possível observar a diferenciação da degradação nas diferentes regiões e zonas.

$$FGD = \frac{\sum_1^n (Aan(n) \bullet G(n) \bullet RI(n))}{(A.\Sigma Gmax)} \quad (2)$$

Onde: n é o grupo de anomalias (n = 1 Descolamento, n = 2 Fissuras, n = 3 Falhas nas Juntas, n = 4 Manchas); Aan(n) é a área danificada por uma anomalia do grupo n (m^2); G é o fator de gravidade da anomalia (Tabela 2); RI é um fator de ponderação da importância relativa de cada anomalia (Tabela 3); A é a área total da amostra de fachada (m^2) e ΣGmax é a soma do máximo fator de gravidade atingidos por cada anomalia (Tabela 2) equivalentes ao valor de 14 (Manchas 3, Falhas nas Juntas 3, Fissuras 4, Descolamento, 4).

Tabela 3 – Critérios para definir o fator de gravidade G.

Condição	FGD	G	FD anom (%)			
			Descolamento	Fissuras	Falha nas Juntas	Manchas
A	< 0,003	1	-	-	FD (J) < 10	FD (M) < 10
B	0,003 a 0,049	2	0 < FD (DC) < 5	0 < FD (FI) < 20	10 ≤ FD (J) < 30	10 ≤ FD (M) < 30
C	0,050 a 0,169	3	5 ≤ FD (DC) < 30	20 ≤ FD (FI) < 50	30 ≤ FD (J)	30 ≤ FD (M)
D	> 0,169	4	30 ≤ FD (DC)	50 ≤ FD (FI)	-	-

Fonte: [3][24][25].

Tabela 4 – Fator de importância relativa (RI) para cada grupo de anomalias.

Grupo de anomalia	Descolamento	Fissuras	Falhas nas Juntas	Manchas
RI	1,00	0,77	0,28	0,11

Fonte: [3][24][25].

O fator de gravidade (G) assume valores de 1 a 4, de forma semelhante ao que a ISO/DIS 15686-7 [26] propõe ao discutir a influência da degradação sobre a vida útil do edifício. Conforme mostrado na Tabela 2, quatro faixas de condição denominadas de A, B, C e D, são associados aos valores de fator de gravidade, para cada grupo de anomalias.

Modelo de Degradação

O modelo aplicado no estudo desenvolvido por Andrade [25] leva em consideração variáveis além da idade das edificações, como índices ponderados que representam a chuva dirigida, teor de umidade, ciclos de umidificação e secagem e esforços térmicos. As variáveis são obtidas através de simulação higrotérmica, por meio do *Wufi*. O modelo quadrático é apresentado na Equação 3.

$$FGD_{quadrática} = -0{,}00471 - 0{,}000273 Ip_{C.D}.I^2 + 0{,}000114 Ip_{T.U}.I^2 + 0{,}000103\, Ip_{E.T.F}.I^2 \quad (3)$$

Onde:
$FGD_{quadrática}$= Fator Geral de Degradação determinado na modelação quadrática
$Ip_{C.D}$= Índice ponderado da chuva dirigida
$Ip_{T.U}$ = Índice ponderado do teor de umidade
$Ip_{U.S}$ = Índice ponderado do número de ciclos de umidificação e secagem
$Ip_{E.T.F}$ = Índice ponderado dos esforços térmicos segundo Fiorito
I = Idade da edificação em anos

Com o modelo pode-se identificar o estado atual de degradação das fachadas utilizando a Equação 3 e também, estimar em qual idade as fachadas apresentaram condições severas de degradação. Na equação do modelo a variável representativa da idade é isolada para cálculo das idades previstas em cada nível de gravidade de degradação, considerando os valores de FGD e os valores dos índices ponderados.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

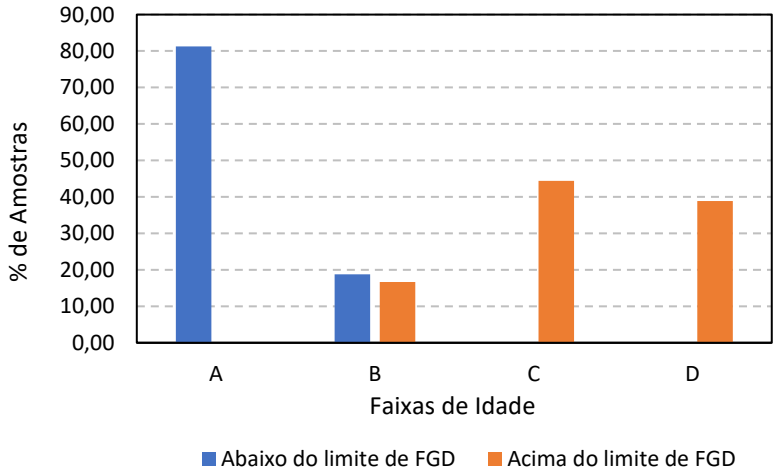
Com base nas amostras e considerando as quatro faixas com seus respectivos intervalos de idade é possível observar quantas amostras se enquadraram em cada faixa, como se classificam em função do limite de FDG = 0,05 e qual o percentual representam em relação ao total de amostras que está abaixo e acima do limite de FGD = 0,05, como pode ser visualizado na Tabela 4 e na Figura 2.

Tabela 5 – Distribuição das amostras e função das faixas de idade e FGD.

Faixa	Idade	Nº de amostras (%)	
		Abaixo do limite de FGD	Acima do limite de FGD
A	10 - 20	13 (81 %)	0 (0 %)
B	21 - 30	3 (19 %)	3 (17%)
C	31 - 40	0 (0 %)	8 (44 %)
D	> 40	0 (0 %)	7 (39 %)
Total de amostras		16 (100%)	18 (100%)

Fonte: Os autores (2025).

Figura 2 – Distribuição das amostras por faixa de idade em função do limite de FGD = 0,05.

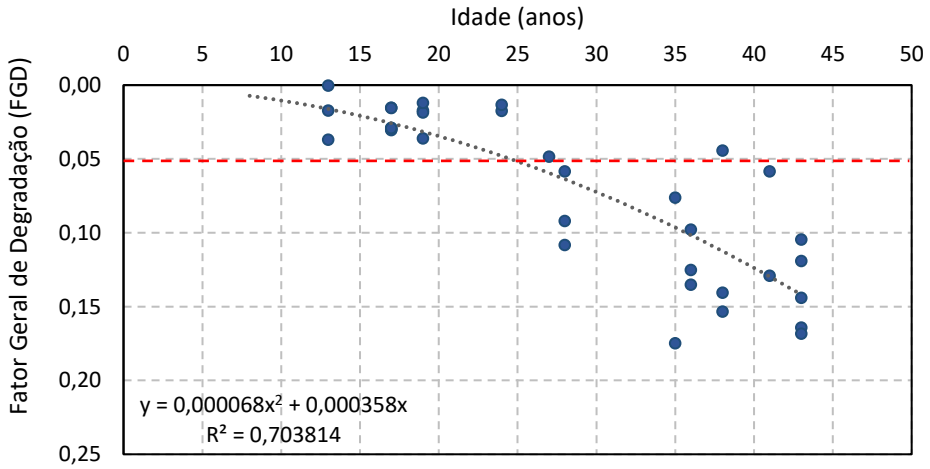


Fonte: Os autores (2025).

A faixa A de amostras com as menores idades analisadas possuem baixa degradação, com todas as suas amostras abaixo do valor limite de FGD = 0,05. A faixa B que vai de 21 a 30 anos apresenta metade de suas amostras abaixo do limite e metade com FGD acima de 0,05. Ao passo que a idade das amostras aumenta, como é o caso das faixas C e D, todas as amostras com idade acima de 30 anos já possui degradação quantificada através do FGD maior que o limite de 0,05.

Em relação ao limite de vida útil, ao observar a curva de tendência (Figura 3), se identifica que a condição limite de serviço (FGD 0,05) sinalizada pela linha tracejada em vermelho é alcançada em torno de 27 anos. É possível observar que, embora exista uma diferença na degradação já nas amostras correspondentes a faixa A (10-20 anos), essa diferença se acentua com o passar dos anos. Observa-se também semelhança na degradação das amostras que correspondem às faixas C e D. Embora em grupos de idade diferentes, a degradação quantificada através do FGD possui valores próximos para algumas amostras ao comparar as duas faixas (C e D). Outro ponto relevante para observação é o fato de que nas duas últimas faixas os valores de FGD variam, não sendo possível atribuir à determinada faixa de idade um único comportamento de degradação, pois são identificadas nas faixas C e D amostrar com baixa e alta degradação de acordo com o índice quantificado. Tais pontuações indicam que a degradação é um processo complexo que não depende apenas da variável idade. Outras variáveis importantes para a degradação como é o caso da orientação e condições de exposição precisam ser avaliadas.

Figura 3 – Comportamento da degradação para os edifícios analisados.



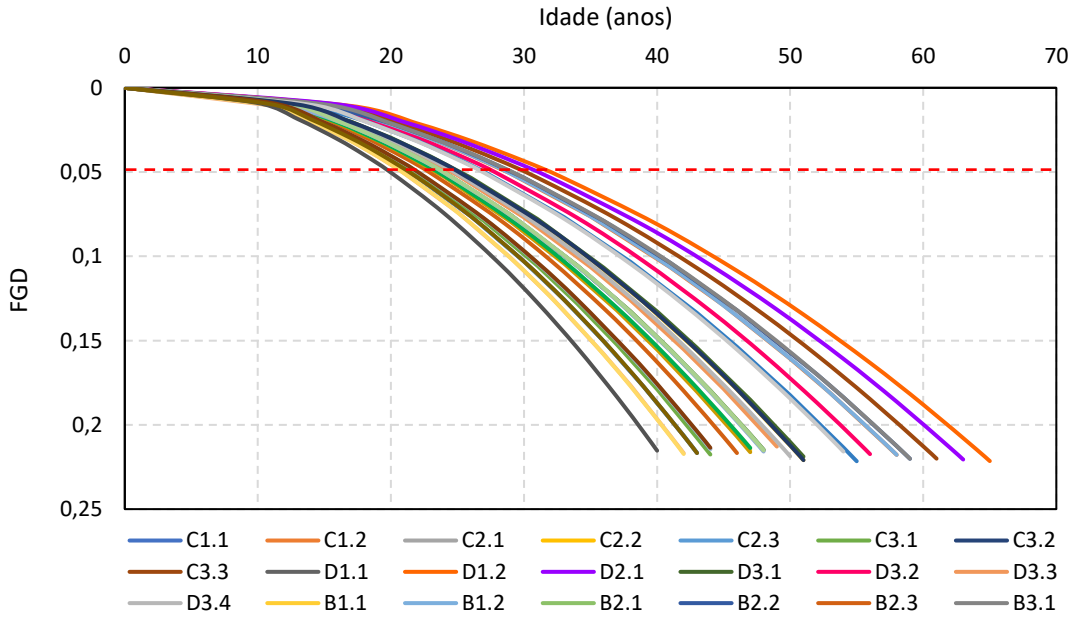
Fonte: Os autores (2025).

Ao aplicar o modelo quadrático proposto por Andrade [25] se considera variáveis além da idade das edificações, como índices ponderados que representam a chuva dirigida, teor de umidade, ciclos de umidificação e secagem e esforços térmicos. Para cada amostra investigada é possível visualizar o comportamento evolutivo da degradação ao longo do tempo de forma individualizada, bem como comparar a tendência de degradação de cada uma delas, conforme

Figura 4. Por meio da curva que representa a degradação ao longo dos anos para cada amostra é possível identificar quando ultrapassam o valor de vida útil (FGD = 0,05).

É evidente que antes do limite de vida útil e até por volta de 20 anos as amostras se comportam de maneira semelhante, independe da edificação. Entre 20 e 30 anos quando todas as amostras ultrapassam o limite de vida útil, comportamento distinto é observado. A diferenciação da degradação ao longo do tempo pode ser justificada por fatores como a orientação, grau de exposição, absortância da fachada ou até mesmo em função dos próprios materiais e técnicas utilizados no processo construtivo. Em algumas situações específicas, a depender das características locais o microclima ao redor da edificação pode também influenciar na velocidade de degradação [3][4][27].

Figura 4 – Tendência de degradação com aplicação do modelo quadrático.



Fonte: Os autores (2025).

A degradação de uma fachada e seus elementos deve ser estudada detalhadamente, pela própria complexidade do fenômeno, mas também pelo número de fatores que influenciam em tal processo. Conhecer os fatores e variáveis envolvidas na evolução da degradação permite modelações mais precisas e próximas da realidade, além de auxiliarem na escolha de medidas corretivas de forma mais assertiva com as necessidades de cada fachada. Além de medidas de acordo com as necessidades e particularidades, é possível ainda planejar as intervenções periodicamente [4][9].

CONCLUSÕES

Da investigação apresentada se pode enumerar como conclusões pertinentes ao estudo, os seguintes pontos:

- O estudo evidencia o comportamento diferente da degradação ao longo do tempo ao se analisar fachadas em revestimento cerâmico de 12 edificações localizadas na cidade de Brasília – DF. A diferenciação da degradação nas amostras se intensifica após o limite de FGD =0,05. Após atingir o limite e com o passar dos anos as amostras assumem comportamentos distintos mesmo pertencendo a uma mesma edificação.
- Compreender a diferenciação da degradação e suas possíveis causas e fatores controladores é capaz de auxiliar na realização de atividades de manutenção. Com informações mais detalhadas e específicas a respeito do processo de degradação é possível planejar as ações de manutenção de forma mais específica e direcionada, atuando de fato conforme a necessidade de determinada fachada. Essa observação se pauta no fato de que em casos de amostras de mesma idade e pertencentes a uma mesma edificação, há diferenças de orientação e consequentemente no grau de exposição de cada amostra.
- A maior variação de comportamento na degradação das amostras investigadas é observada após o limite de vida útil de FGD = 0,05. Tal constatação se deve ao fato de que após atingir o limite de vida útil o processo de degradação se torna mais severo e suas consequências, como o surgimento de anomalias, atingem maiores áreas. Os danos decorrentes de fases avançadas do processo evolutivo da degradação na maioria das vezes apresentam mais dificuldade para reparação e as medidas necessárias apresentam maiores custos.
- As constatações de comportamento apresentadas são contribuições que devem ser investigadas e associadas tanto para o projeto de novos edifícios, como também no estudo da vida útil podendo ter aplicação direta na reabilitação de edifícios. A diferenciação de comportamento em relação à degradação para fachadas com evidencia a importância do que já foi estudado, e destaca a importância de se ter mais análises pormenorizadas capazes de rastrear e identificar os fatores ou aspectos que controlam a degradação além da idade.
- As tendências de degradação observadas no estudo são específicos para a base de dados utilizada, que se refere à cidade de Brasília. Ressalta-se que o estudo e modelação da degradação a partir de uma base de dados é condicionada a mesma. Estudos complementares ou considerações semelhantes para outras bases de dados, outras regiões, condições climáticas e tipologia construtiva, devem se atentar e observar características particulares. As condições de exposição que estão atreladas ao surgimento e evolução da degradação são únicas para região e microclima no qual a edificação está inserida.

REFERÊNCIAS

[1] Oliveira, L. A. **Methodology for developing lightweight facade projects**. Thesis (Doctorate). Polytechnic School of the University of São Paulo. São Paulo, 2009., (n.d.).

[2] Amorim, C. N. D.; Braga, D. K.; Christakou, E. D.; Grillo, J. C. S.; Lima, T. B. S.; Baldoíno, **V. Environmental rehabilitation and use of natural light in modern architecture**: Brasília Palace Hotel and Palacio do Itamaraty. Paranoá. v. 3, 2014. 115-128 pp.

[3] Souza, J. S. **Impact of degradation factors on the useful life of building facades**. Doctoral thesis. University of Brasília, 2019.

[4] Souza, A. L. R.; Romeiro, T. R. D. L. M.; Bauer, E. Influence of the Exposure Degree on the Degradation of Facades of Buildings in Brasília - Brazil. **Buildings**, v. 14, n. 1, 2024.

[5] International Organization for Standardization. **ISO 15686-2** (2012): Buildings - Service life planning. Part 2: Service life prediction procedures, International Organization for Standardization.

[6] Flores-Colen, I.; De Brito, J.; Freitas, V. P. Methodology for in-service performance assessment of rendering facades for predictive maintenance. TG75, W014, W080, W083 and W086, pp. 388, 2009.

[7] Pedroso, M. et al. Characterisation of a multilayer external wall thermal insulation system. Application in a Mediterranean climate. **Journal of Building Engineering**, v. 30, n. February, 2020.

[8] Carretero-Ayuso, M. J.; Rodríguez-Jiménez, C. E.; Bienvenido-Huertas, D.; Moyano, J. J. Interrelations between the types of damages and their original causes in the envelope of buildings. **Journal of Building Engineering**, v. 39, n. 102235, p. 1–13, fev. 2021.

[9] Bauer, E.; Souza, A.L.R. Failure patterns associated with facade zones and anomalies in the initiation and propagation of degradation. **Construction and Building Material**, v. 347. 2022.

[10] Souza, A. L. R.; Andrade, D. T.; Bauer, E; Souza, J. S.. Classificação de fachadas de edifícios por meio do critério do grau de proteção, In: **REHABEND - Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management**, Granada, 2022.

[11] Magos, M.; De Brito, J.; Gaspar, P. L.; Silva, A. Application of the factor method to the prediction of the service life of external paint finishes on facades, **Materials and Structures**, v. 49 (12), pp. 5209–5225, 2016.

[12] Bauer, E.; Souza, J. S.; Mota, L. M. G. Degradation of mortar-coated facades in buildings in Brasília, **Brazil. Built Environment**, Porto Alegre, v.21, n.4, p.23-43, 2021.

[13] Bauer, E.; Souza, J. S.; Piazzarollo, C. B. Application of the Degradation Measurement Method in the Study of Facade Service Life. In: DELGADO, J. M. P. Q. (Ed.). **Building Pathology**, Duraability and Service Life, v. 12. Porto, Portugal: Springer International Publishing, 2020. p. 105–119.

[14] Gaspar, P.; De Brito, J. Quantifying environmental effects on cement-rendered facades: a comparison between different degradation indicators. **Building and Environment**, v. 43, n. 11, 2008. 1818-28 pp.

[15] Piazzarollo, C. B. **Estudo da evolução e da gravidade da degradação nas diferentes zonas componentes da fachada**. Dissertação (Mestrado) - Brasília: Universidade de Brasília-UnB, 2019.

[16] Souza, J.; Piazzarollo, C. B.; Bauer, E. Aplicação do Método de Mensuração de Degradação em revestimentos de fachadas. **TECSIC- 2o Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos**, ago. 2019.

[17] Ferreira, C. A. Silva, J. De Brito, I.S. Dias, I. Flores-Colen, The impact of imperfect maintenance actions on the degradation of buildings' envelope components, **Journal of Building Engineering**. 33, 2021.

[18] 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.

[19] Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Goncalves, J. L. M; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v., n. 6. p.711–728. Gebrüder Borntraeger, Stuttgart, 2013, (n.d.).

[20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[21] Amorim, C. N.; Flores, A. L. (2005). Residential buildings in the Plano Piloto superblocks, Brasília: Aspects of preservation and environmental comfort. **National and Latin American Meeting on Comfort in the Built Environment - ENCAC/ELACAC**. Maceió, Brazil. pp. 37–46.

[22] Souza, J. S.; Silva, A.; De Brito, J.; Bauer, E. (2018) Analysis of the influencing factors of external wall ceramic claddings' service life using regression techniques. **Engineering Failure Analysis**. v.83, pp. 141-155.

[23] Souza, J. S. Evolução da degradação de fachadas - efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, 2016.

[24] Mota, L.; Lopes, A.; Bauer, E. Methodology for quantifying facade degradation. In: V CIRMARE - International Congress on the Recovery, Maintenance and Restoration of Buildings. **Annals**... Rio de Janeiro, 2020.

[25] Andrade, D. T. **Modeling of facade degradation based on parameters obtained from hygrothermal simulation for buildings in Brasília**. Master's Dissertation in Structures and Civil Construction, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Brasília, Brasília, DF, 101 p. 2022.

[26] International Organization for Standardization. **ISO 15686-10** (2010): Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 10: When to assess functional performance. International Organization for Standardization.

[27] Zanoni, V. A. G. **Influence of climatic agents of degradation on the hygrothermal behavior of facades in Brasília**. Doctoral thesis. University of Brasília, 2015.