

Estimativa da degradação de fachadas por fatores ambientais: um estudo de caso no prédio do programa de pós graduação em Letras

Estimation of façade degradation by environmental factors: a case study in the building of the graduate program in Letters

Estimación de la degradación de fachadas por factores ambientales: un estudio de caso en la construcción del programa de posgrado en Letras

Recebido: 13/05/2022 | Revisado: 22/06/2022 | Aceitado: 15/12/2022 | Publicado: 20/12/2022

Bianca Soares do Vale

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0986-8012>
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: bianca.sdoval@gmail.com

Lorena dos Santos Gaia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4520-6291>
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: lorenssgaia@gmail.com

Lucas Luciano Souza Batista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8466-6859>
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: lsbatista.lucas40@gmail.com

Adnilson Igor Martins da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9033-2815>
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: adnilson@ufpa.br

Jaqueline Sarmento dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7155-4081>
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: jaquelinesarmento25@gmail.com

Sandoval José Rodrigues Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7985-8530>
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: srodriguesjr@ufpa.br

Luciana Carvalho Queiroz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1285-5271>
Universidade Federal do Pará, Brasil
E-mail: lucianaqueiroz@gmail.com

Resumo

O processo de degradação dos revestimentos pode ser associado a diversos aspectos. Entre eles, frequentemente, está a ação de fatores ambientais, que variam segundo a localização e orientação das fachadas de uma edificação. Nesse sentido, investigar a relação entre o surgimento de manifestações patológicas e a ação das intempéries é imprescindível para verificar o atual estado e o progresso da degradação a qual os prédios são submetidos. O presente trabalho busca avaliar a ocorrência e incidência das anomalias, identificando padrões nas fachadas estabelecendo uma relação com os efeitos destes agentes. Foi empregado o Método de Mensuração da Degradação, correspondente a inspeção de edifícios em uso. A metodologia é aplicada no Prédio de Pós-Graduação em Letras da Universidade Federal do Pará, localizada no bairro do Guamá, em Belém - PA. O manchamento por umidade corresponde à anomalia mais frequente e em estado grave nas paredes contínuas, principalmente na fachada posicionada à direção Leste, onde se dá a maior exposição a agentes ambientais responsáveis por esse tipo de manifestação patológica, principalmente por conta da elevada incidência de chuva dirigida na fachada.

Palavras-chave: Patologia; Fachada; Intempéries; Ensino em saúde.

Abstract

The degradation process of coatings can be associated with several aspects. Among them, there is often the action of environmental factors, which vary according to the location and orientation of a building's facade. Hereupon, investigating the relationship between the appearance of pathological manifestations and the action of the weather is essential to verify the current state and progress of the degradation which the buildings are subjected. The present work

aims to evaluate the occurrence and incidence of anomalies, identifying patterns on the facades, establishing a relationship with the effects of these agents. The Degradation Measurement Method was used, corresponding to the inspection of buildings in use. The methodology is applied in the Post-Graduation in Letters Building of the Federal University of Pará, located in the neighborhood of Guamá, in Belém - PA. Moisture staining corresponds to the most frequent and serious anomaly on continuous walls, mainly on the facade facing east, where there is the greatest exposure to environmental agents responsible for this type of pathological manifestation, mainly due to the high incidence of rain directed at the facade.

Keywords: Pathology; Facade; Bad weather; Health teaching.

Resumen

El proceso de degradación de los recubrimientos puede estar asociado a varios aspectos. Entre ellos, suele estar la acción de factores ambientales, que varían según la ubicación y orientación de las fachadas de un edificio. En este sentido, investigar la relación entre la aparición de manifestaciones patológicas y la acción del clima es fundamental para comprobar el estado actual y el avance de la degradación a la que están sometidas las edificaciones. El presente trabajo busca evaluar la ocurrencia e incidencia de anomalías, identificando patrones en las fachadas, estableciendo una relación con los efectos de estos agentes. Se utilizó el Método de Medición de Degradación, correspondiente a la inspección de edificios en uso. La metodología se aplica en el Edificio de Posgrado en Letras de la Universidad Federal de Pará, ubicado en el barrio de Guamá, en Belém - PA. Las manchas de humedad corresponden a la anomalía más frecuente y grave en los muros continuos, principalmente en la fachada orientada al este, donde se presenta la mayor exposición a los agentes ambientales responsables de este tipo de manifestaciones patológicas, principalmente por la alta incidencia de lluvias dirigidas a la fachada.

Palabras clave: Patología; Fachada; Mal tiempo; Enseñanza en salud.

1. Introdução

Todo elemento construtivo sofre processo de degradação. Contudo, esse processo pode ser acelerado ou reduzido dependendo das condições de exposição (Cavalagli et al., 2019; Oliveira et al., 2021), da sensibilidade à degradação de cada elemento (Occhipinti et al., 2021), e das intervenções de manutenção (Ferreira et al., 2021), sendo elas preditivas ou corretivas. Os elementos climáticos são uma das grandes causas da deterioração das fachadas, em geral são representados pela precipitação pluviométrica, precipitação de neve e de granizo, vento, radiação solar, umidade relativa e temperatura (Melo Júnior & Carasek, 2011; Prieto et al., 2020).

Os revestimentos presentes nas fachadas funcionam como a primeira barreira de proteção a intempéries, pois além da estética, possuem papel impermeabilizante para os componentes internos da estrutura (Costa & Silva, 2022). Por esse motivo, as ações da chuva e do sol sobre as edificações são estudadas principalmente nas fachadas. Dentre esses estudos pode-se destacar o estudo da chuva dirigida e da insolação nas fachadas.

A chuva dirigida é uma das principais fontes de manifestações relacionadas a umidade, e representa a ação do vento sobre precipitação, formando direções preferenciais para a formação de mecanismo de degradação devido ao processo de molhagem e secagem, além da perda de estanqueidade e variações higrotérmicas nos materiais cimentícios (Zanoni et al., 2018).

Além disso, cerca de 25% das manifestações patológicas em fachadas de edifícios com revestimentos argamassados de base cimentícia e com acabamento em pintura, foram decorrentes da chuva dirigida e do escoamento superficial da água na fachada (Gaspar & de Brito, 2005).

Dessa forma, o presente trabalho apresenta um estudo de caso do prédio da Pós-Graduação em Letras, localizado na Universidade Federal do Pará (UFPA), no Campus Guamá, que apesar do pouco tempo de inauguração (em 2019), apresenta uma alta incidência de manifestações patológicas.

Foi analisado o comportamento dos agentes ambientais nas fachadas e quantificados os danos, por meio de índice de degradação com o uso do Método e Mensuração de Degradação – MMD (Souza, 2016; Verdum et al., 2021). Com isso, foi estabelecida uma relação entre os índices presentes no prédio e a ação das intempéries, buscando assim indicar os principais agentes patológicos e os locais com maior ocorrência de danos.

2. Metodologia

2.1 Descrição da região de estudo

O edifício estudado encontra-se na cidade de Belém – PA, localizado na latitude 1° 28' 47" e longitude 48° 27' 23". Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, a cidade apresenta o tipo tropical úmido ou superúmido (Af), que consiste em precipitação média de pelo menos 60 mm a cada mês com sazonalidade das estações chuvosas (Figueroa & Nobre, 1990).

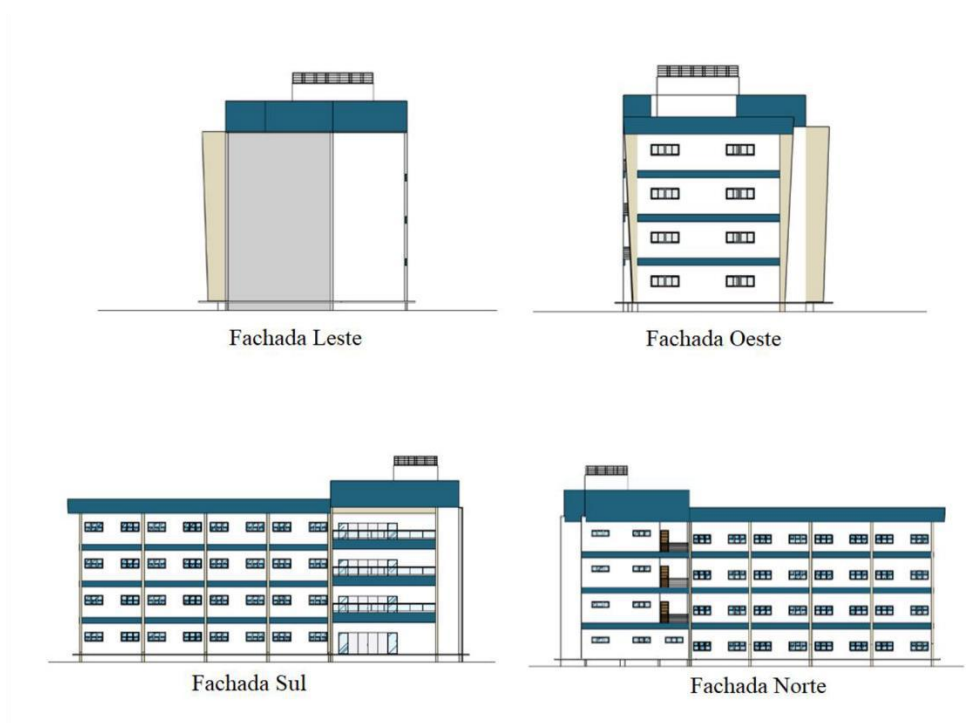
Em um estudo sobre os aspectos climáticos em cem anos (Bastos et al., 2002), em termos médios anuais, as principais características climáticas da região de Belém, são de 26,70°C de temperatura, com uma umidade relativa de 84%, precipitação pluviométrica que varia de 3.001mm e 2.338 horas de brilho solar.

2.2 Aspectos gerais da edificação

O prédio do Programa de Pós-graduação em Letras (PPGL), localiza-se na cidade de Belém – PA, no Campus Guamá, setor Básico da Universidade Federal do Pará (UFPA) com data de inauguração em 13 de dezembro de 2019, ele abriga atividades do Instituto de Letras e Comunicação (ILC) e de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH).

Constituído por uma estrutura térrea e mais três pavimentos (Figura 1), as fachadas são compostas por uma combinação de revestimento cerâmico, acabamento em pintura e concreto aparente. Enquanto que os elementos de esquadria presentes nas fachadas Norte (N), Sul (S) e Oeste (O) são, predominantemente, em vidro temperado com moldura em concreto e acabamento de pintura PVA acrílica.

Figura 1 - Fachadas do PPGL.



Fonte: Autores (2021).

2.3 Levantamento das manifestações

Os projetos foram fornecidos pela Prefeitura Multicampi da Universidade Federal Pará, setor responsável do prédio analisado. Já o levantamento das manifestações patológicas e o mapa de danos da fachada foram desenvolvidos por Castro et al.

(2021), a partir da análise dos projetos, desenvolvimento da anamnese e vistorias com as respectivas classificações e recomendações.

2.4 Análise de intempéries

Foram coletados os dados de pluviometria, radiação solar e comportamento do vento na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), delimitando o intervalo entre os anos 2017 a 2020 na cidade de Belém – PA, para a análise das intempéries na fachada do edifício, visto período de construção. Após isso, os dados foram tratados excluindo os erros presentes e desconsiderando ventos com velocidades menores que 0,5 m/s, pois ventos com essa velocidade não apresentam interferências significativas na análise de chuva dirigida (Melo Júnior & Carasek, 2011).

A direção do vento é fornecida por azimute, o ângulo da direção a partir do Norte, sendo necessária a conversão para os oitos pontos cardeais segundo Quadro 1.

Quadro 1 – Definições das zonas das fachadas.

AZIMUTE	ORIENTAÇÃO
$337,5^{\circ} \leq X < 22,5^{\circ}$	Norte (N)
$22,5^{\circ} \leq X < 67,5^{\circ}$	Nordeste (NL)
$67,5^{\circ} \leq X < 112,5^{\circ}$	Leste (L)
$112,5^{\circ} \leq X < 157,5^{\circ}$	Sudeste (SL)
$157,5^{\circ} \leq X < 202,5^{\circ}$	Sul (S)
$202,5^{\circ} \leq X < 247,5^{\circ}$	Sudoeste (SO)
$247,5^{\circ} \leq X < 292,5^{\circ}$	Oeste (O)
$292,5^{\circ} \leq X < 337,5^{\circ}$	Noroeste (NO)

Fonte: Autores (2021).

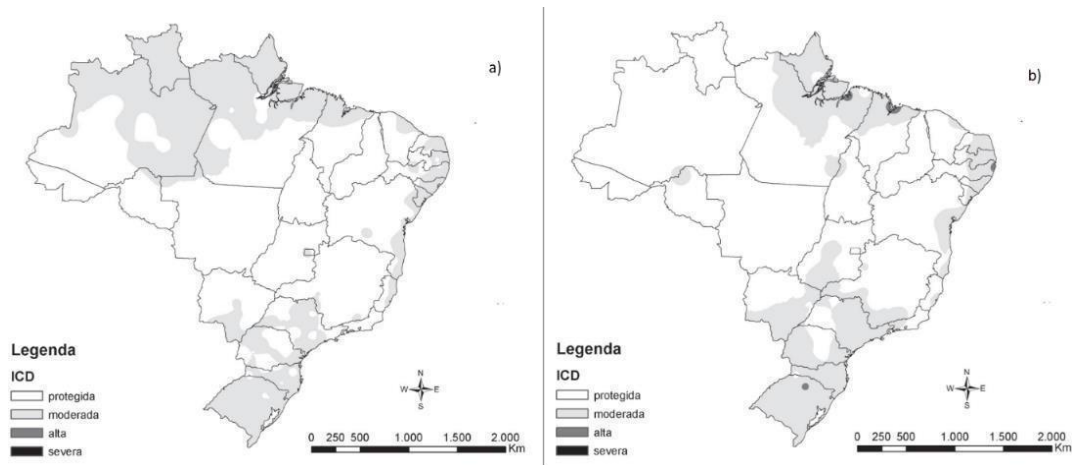
Para a classificação de agressividade ambiental, foi utilizada a classificação desenvolvida por Morelli et al. (2012) que desenvolveu o primeiro mapa de chuva dirigida para o Brasil, considerando o período de 1960 a 1990, a partir da metodologia das quatro faixas de exposição, conforme Quadro 2, e as recomendações de MARSH. Para a chuva, foram utilizados os dados de 2004, fornecidos pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC -INPE). E foi atualizado utilizando dados para o período entre 2000 e 2010, obtidos pelas estações sinóticas (SYNOP), demonstrado na Figura 3.

Quadro 2 – Faixas de agressividade.

Índice de Chuva Dirigida (m^2/s)	Nível de exposição
$ICD \leq 3$	Protegido
$3 < ICD \leq 5$	Moderado
$5 < ICD \leq 7$	Moderado Alto
$7 < ICD \leq 11$	Severo

Fonte: Chand & Bhargava (2020).

Figura 3 - Mapas de chuva dirigida.



Fonte: Morelli et al. (2012).

O Índice de Chuva Dirigida foi calculado através da equação já desenvolvida na literatura (Blocken & Carmeliet, 2004), e estabelecido pelo *International Council for Building Research* (CIB). Essa relação consiste no produto entre a velocidade média do vento e a quantidade total precipitação, conforme Equação 1.

$$ICD = \frac{V \times P}{1000} \quad (1)$$

Onde:

ICD é o índice de chuva dirigida (m²/s);

V é a velocidade média do vento com chuva (m/s);

P é a precipitação total (mm).

Após o cálculo do ICD, foi calculado o ICDD (índice de chuva dirigida direcional) a partir da soma do ICD individual com a orientação do vento. Quanto ao montante de chuva dirigida em parede vertical, foi utilizada a equação 2 (Rydock et al., 2005).

$$I_o = 0,206 \cdot \sum_{D=\theta-80}^{D=\theta+80} R_D V_D \cos(D - \theta) \quad (2)$$

Onde:

I_o = Montante de chuva dirigida em parede vertical (mm/m² ano);

D = Direção do vento (°);

θ = Ângulo entre o Norte e a direção normal à parede (°);

R_D = Precipitação média anual para direção D (mm);

V_D = Velocidade média do anual para a direção D (m/s).

A radiação solar na superfície foi obtida com o uso de simulação computacional utilizando o software da Autodesk, Revit e o do plugin Solar Analysis, disponível para a versão 2021. Foi elaborada a modelagem 3D das fachadas, representando a volumetria do edifício estudado, obedecendo os projetos oficiais. Já a análise solar utilizou o banco de dados disponível na

plataforma do programa, onde os dados climáticos são fornecidos pela estação climática da *World Meteorological Organization* (WMO) mais próxima a cidade de Belém no período de 2017 a 2020. Com isso, foi possível identificar o valor médio de insolação (kWh/m²) e o anual (kWh/m²ano) do local de estudo.

2.5 Indicadores de degradação

Para o cálculo dos indicadores de degradação, foi utilizada a metodologia de Mensuração da Degradação (MMD), onde as manifestações patológicas são registradas por área e identificadas separadamente em cada fachada e região, buscando manter essa área de ação o mais próximo possível da realidade (Bauer et al., 2020; Verdum et al., 2021). Em casos mais agressivos utiliza-se instrumentos laboratoriais para reter informações além do visual.

O cálculo do Fator de Danos (FD) foi realizado através da relação entre a área degradada e a área total da amostra, tendo como maior uso a quantificação de incidência de ocorrência (frequência) das anomalias e da degradação. As variáveis desse indicador são compostas por anomalias indicadas na Quadro 3 e utilizadas conforme Equação 3.

Quadro 3 – Classificação e denominação das patologias.

Camada	Patologia	Denominação
RC e Argamassa	Empolamento	Em.A
	Eflorescência	Ef.A
	Descolamento	De.A
	Fissura	Fi.A
	Vegetação	Ve.A
	Manchamento	Ma.A
Pintura	Falha de Pintura	Pi.A

Fonte: Adaptado de Bauer (2021).

$$FD = \frac{\sum Az}{A} = \frac{ADe.A + AEm.A + AEf.A + AFi.A + AMa.A + APi.A + AVe.A}{A} \quad (3)$$

Onde:

FD = Fator de Danos;

Az = Área (m²) degradada por certa anomalia (Em.A, Ef.A, De.A, Fi.A, Ve.A, Ma.A e Pi.A);

A = Área total da amostra (m²).

Para identificar a zona mais degradada, será calculada uma anomalia direcionada a cada zona da fachada em específico a partir do Fator de Danos da Zona, estruturada conforme equação 4.

$$FDanom = \frac{ADanom}{A} \quad (4)$$

Onde:

FDanom = Fator de Danos da Anomalia;

ADanom = Área degradada por determinada anomalia (m²);

A = Área total da amostra (m²).

Sendo que, a soma dos FDanom é igual aos valores do FD da Equação 3.

3. Resultados e Discussão

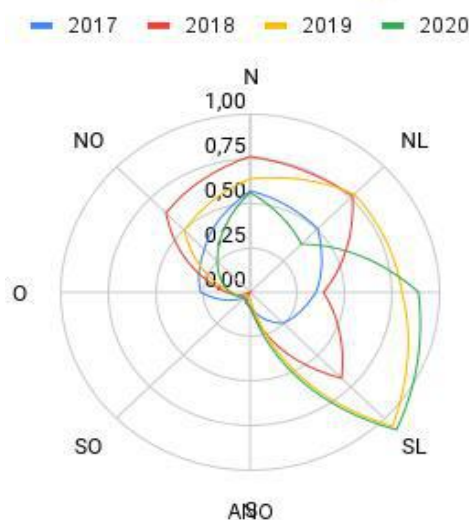
3.1 Análise de exposição a agentes ambientais

A fim de analisar os efeitos das intempéries nas fachadas, foi identificada a intensidade ou frequência dos principais agentes ambientais que atuam na região. Os dados utilizados correspondem ao período de 2017 a 2020, fornecidos pela WMO e INMET.

Os dados observados do comportamento dos ventos acima de 0,5 m/s deixaram nítida a maior frequência na orientação Leste e Sudeste. Então foi elaborado o gráfico de chuva dirigida direcional para cada orientação, utilizando apenas ventos que apresentaram pluviometria no momento de sua ocorrência, conforme figura 4.

Considerando a precipitação pluviométrica, a direção Norte também apresenta uma frequência maior, juntamente com as já mencionadas acima.

Figura 4 - Índice de Chuva Dirigida



Fonte: Autores.

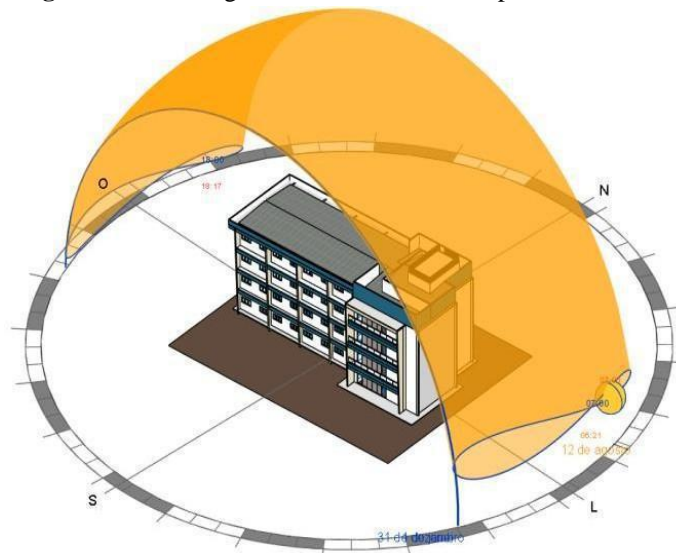
A associação do vento à incidência da chuva é um fator importante quando se pretende estudar a conservação e/ou degradação do ambiente construído (Morelli et al., 2012). Esse fenômeno, denominado chuva dirigida é uma das maiores fontes de umidade para a fachada e afeta a performance higrotérmica e a durabilidade das mesmas nas edificações (Poyastro, 2011).

Desta forma, a análise da chuva dirigida indica que as fachadas mais atingidas são as que apresentam manifestações patológicas de maior intensidade, principalmente relacionadas à umidade, como o manchamento. Sendo assim, é possível inferir que a influência da pluviometria associada à incidência dos ventos nas fachadas corresponde diretamente ao aparecimento de manifestações patológicas. Além disso, o índice de chuva dirigida pode variar de acordo com a fonte dos bancos de dados utilizados (Morelli et al., 2012). Considerando os resultados obtidos utilizando os valores do INMET, dentro do período de 2009 a 2013, Belém enquadrava-se na faixa de agressividade moderada.

Quanto aos valores de insolação cumulativa, apresentados na figura 6, podemos visualizar quais fachadas recebem maiores índices de insolação, que por sua vez podem provocar maiores níveis de danos a fachada (Rico et al., 2022), a fachada Norte é a que apresenta o maior valor. A vistoria da edificação apontou que esta fachada apresenta maior proteção local contra a ação do sol e do vento, pela presença de vegetação de grande porte e edificações menores no entorno, o que pode explicar ela

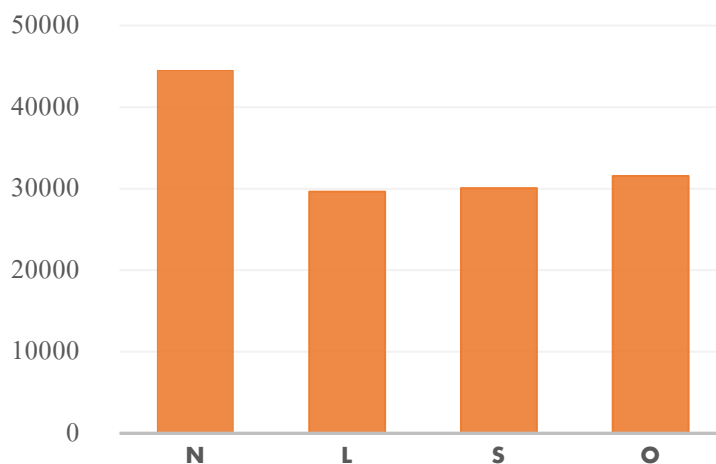
não possuir valores tão altos de degradação pela irradiação solar, mesmo estando na direção mais afetada. A figura 5 apresenta o comportamento do caminho do sol no entorno da fachada.

Figura 5 – Modelagem e caminho do sol no prédio do PPGL.



Fonte: Autores (2021).

Figura 6 – Insolação cumulativa.



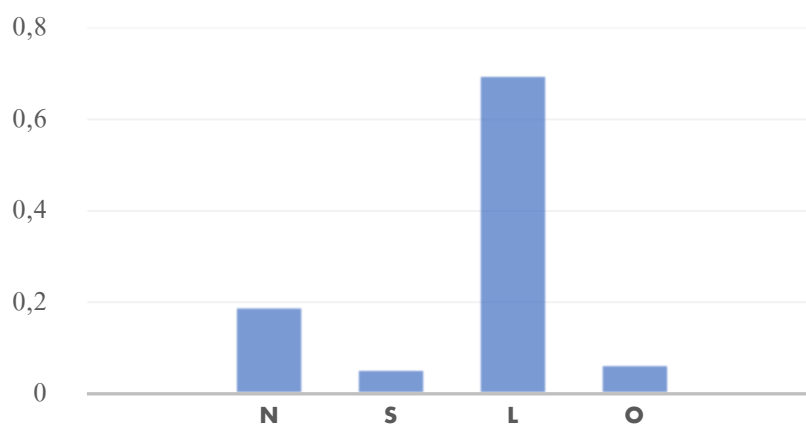
Fonte: Autores (2021).

3.2 Análise das manifestações patológicas de acordo com a orientação

Cada fachada apresenta uma exposição diferente às intempéries climáticas, em especial à chuva dirigida e radiação solar, que são estudadas neste trabalho. O comportamento dos fatores ambientais que influenciam no aparecimento das manifestações patológicas varia de acordo com a orientação da fachada, visto que a ação, por exemplo, do vento e da radiação solar não é uniforme em todas elas. Isso contribui diretamente na degradação em cada uma delas, criando zonas mais frequentemente atacadas e propensas a desenvolver manifestações patológicas específicas.

O MMD aponta como um dos principais indicadores de degradação o Fator de Danos (FD), que avalia quão extensa é a área degradada em comparação à amostra. No edifício estudado, de acordo com os danos mapeados, o valor de FD está representado na Figura 7.

Figura 7 – Fator de Dano por fachada.



Fonte: Autores (2021).

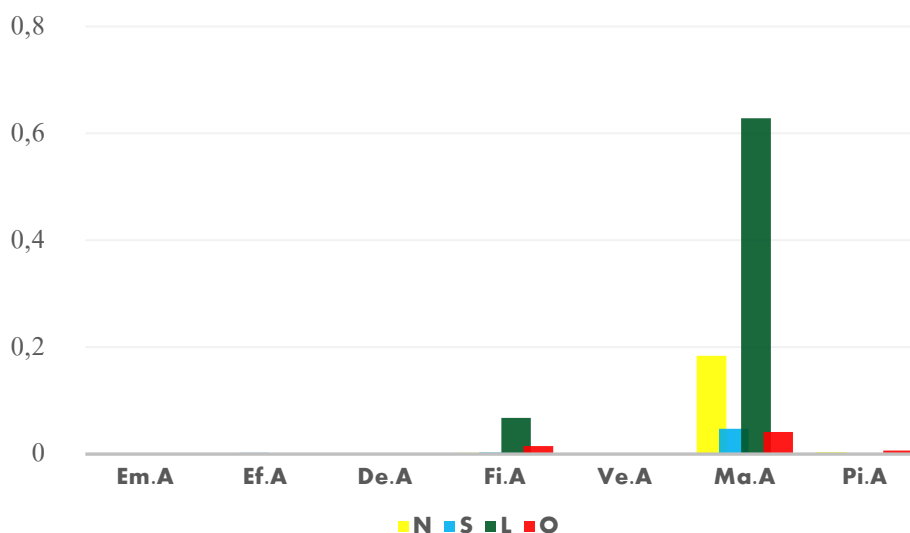
O Fator de Danos para cada anomalia, apresentado no Quadro 4, tem seu comportamento variado de acordo com a orientação da fachada. O manchamento é, claramente, a manifestação patológica com maior presença na edificação, sobretudo na fachada leste, como demonstra a Figura 8. Esse resultado é compatível com os resultados de chuva dirigida, pois a fachada Leste também apresenta o maior índice deste agente. Desta forma, podemos dizer que a chuva, em conjunto com a falta de elementos arquitetônicos que minimizem os efeitos de escoamento, tornam essa fachada úmida e favorecem o manchamento e consequentemente a formação de biofilme.

Quadro 4 – Fator de Dano das anomalias.

Orientação	Fdanom						
	Em.A	Ef.A	De.A	Fi.A	Ve.A	Ma.A	Pi.A
N	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,184	0,003
S	0,000	0,002	0,000	0,003	0,001	0,047	0,000
L	0,000	0,000	0,000	0,068	0,000	0,628	0,000
O	0,000	0,000	0,000	0,015	0,001	0,041	0,007

Fonte: Autores (2021).

Figura 8 – Fator de Dano por anomalia.



Fonte: Autores (2021).

As informações analisadas de chuva dirigida e insolação proporcionaram um maior entendimento das causas das principais manifestações patológicas no prédio em questão, e esses resultados ampliam a discussão do uso de quantificadores de danos, como o FD, para analisar de forma crítica as anomalias presentes, e conseqüentemente, encontrar as melhores estratégias para a correção e manutenção dessas manifestações nas construções, em conjunto com a literatura (Bauer et al., 2020; Castro et al., 2021; Verdum et al., 2021).

4. Conclusão

O presente trabalho alcançou o seu objetivo em quantificar as principais manifestações patológicas presentes nos revestimentos das fachadas do Prédio de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará, utilizando o MMD com o uso dos indicadores de Fator de Dano (FD). Este método mostrou-se eficiente, visto que foi possível identificar localmente as principais anomalias presentes na fachada e elaboração de elementos quantitativos e gráficos.

A partir da relação entre os dados obtidos na investigação dos agentes ambientais atuantes nas fachadas e das manifestações patológicas, foi possível estabelecer um vínculo entre esses dois fatores, verificando como as variações das intempéries afetam na degradação geral, em relação a frequência e gravidade por zona.

Sendo assim, é possível identificar os elementos construtivos na edificação mais vulneráveis à presença de manifestações patológicas. Desse modo, desenvolver ferramentas de intervenção que mitiguem seu progresso é de crucial importância, pois a partir disso é possível estabelecer a forma mais assertiva para o reparo da fachada, podendo assim prolongar a vida útil da edificação.

Com relação às intempéries, foi possível identificar que a fachada que apresenta maior incidência de ventos e chuva dirigida é a Leste, e em conjunto com a falta de elementos arquitetônicos que minimizem os efeitos da chuva, essa fachada se torna muito úmida e propicia a formação de biofilme.

Nesse sentido, a quantificação das manifestações patológicas, a avaliação da relação entre os índices e as ações das intempéries nas fachadas, gera resultados significativos para identificar as zonas com maior incidência de anomalias e suas possíveis causas, o que facilita diagnósticos e direciona adequadamente os planos de intervenção para posteriores reparos.

Com o uso das ferramentas de análise de danos foi possível quantificar e representar os danos. O próximo passo é trabalhar na correção das causas das anomalias, sendo assim, sugerimos que trabalhos futuros analisem a forma de intervenção que melhor se adequa aos diferentes resultados de fatores de danos e relações as agentes externos. Outra sugestão é a aplicação do fator de danos em edificações de tipologias diferentes a utilizada nesse estudo, para verificar se essa metodologia se aplica a mais casos.

Referências

- Bastos, T. X., Pacheco, N. A., Nechet, D., & Sá, T. D. de A. (2002). Aspectos Climáticos de Belém nos Últimos Cem Anos.
- Bauer, E., de Souza, J. S., & Piazzarollo, C. B. (2020). Application of the Degradation Measurement Method in the Study of Facade Service Life (pp. 105–119). https://doi.org/10.1007/978-3-030-47302-0_5
- Blocken, B., & Carmeliet, J. (2004). A review of wind-driven rain research in building science. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 92(13), 1079–1130. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2004.06.003>
- Castro, C., Soares, H., Batista, L., Vale, B., Lopes, A., & Queiroz, L. (2021). Elaboração de mapas de danos e a influência de intempéries em fachadas: Estudo de caso no Prédio de Pós-Graduação em Letras da Universidade Federal do Pará. CONGRESO LATINO-AMERICANO DE PATOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN, 2100–2113. <https://doi.org/10.4322/conpat2021.676>
- Cavalagli, N., Kita, A., Castaldo, V. L., Pisello, A. L., & Ubertini, F. (2019). Hierarchical environmental risk mapping of material degradation in historic masonry buildings: An integrated approach considering climate change and structural damage. *Construction and Building Materials*, 215, 998–1014. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.204>
- Costa, L. da S., & Silva, W. A. da. (2022). Manifestações patológicas em fachadas de construções históricas: estudo de caso da Igreja de Nossa Senhora do Carmo em São Luís – MA. *Research, Society and Development*, 11(2), e24011225819. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25819>
- Ferreira, C., Silva, A., de Brito, J., Dias, I. S., & Flores-Colen, I. (2021). The impact of imperfect maintenance actions on the degradation of buildings' envelope components. *Journal of Building Engineering*, 33. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101571>
- Figueroa, S. N., & Nobre, C. A. (1990). Precipitation distribution over central and western tropical South America. *Climanálise*, 5(6), 36–45.
- Gaspar, P., & de Brito, J. (2005). Mapping defect sensitivity in external mortar renders. *Construction and Building Materials*, 19(8), 571–578. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.01.014>
- Melo Júnior, C. M., & Carasek, H. (2011). Índices de chuva dirigida direcional e análise do nível de umedecimento em fachadas de edifício multipavimentos em Goiânia, GO. *Ambiente Construído*, 11(3), 23–37. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000300003>
- Morelli, F., Lima, M. G. de, & Sousa Júnior, W. C. de. (2012). Influência do ambiente natural sobre o ambiente construído: um estudo sobre o índice de chuva dirigida. *Ambiente & Sociedade*, 15(1), 41–52. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2012000100004>
- Occhipinti, R., Stroschio, A., Maria, C., Barone, G., & Mazzoleni, P. (2021). Chemical and colorimetric analysis for the characterization of degradation forms and surface colour modification of building stone materials. *Construction and Building Materials*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124356>
- Oliveira, M. L. S., Neckel, A., Pinto, D., Maculan, L. S., Dotto, G. L., & Silva, L. F. O. (2021). The impact of air pollutants on the degradation of two historic buildings in Bordeaux, France. *Urban Climate*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100927>
- Poyastro, P. C. (2011). Influência da volumetria e das condições de entorno da edificação no manchamento e infiltração de água em fachadas por ação de chuva dirigida.
- Prieto, A. J., Verichev, K., & Carpio, M. (2020). Heritage, resilience and climate change: A fuzzy logic application in timber-framed masonry buildings in Valparaíso, Chile. *Building and Environment*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106657>
- Rico, A., Ovejas, V. J., & Cuadras, A. (2022). Analysis of energy and entropy balance in a residential building. *Journal of Cleaner Production*, 333, 130145. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130145>
- Rydock, J. P., Lisø, K. R., Førlund, E. J., Nore, K., & Thue, J. V. (2005). A driving rain exposure index for Norway. *Building and Environment*, 40(11), 1450–1458. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.11.018>
- Souza, J. S. de. (2016). Evolução da degradação de fachadas: efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes.
- Verdum, G., Bersch, J. D., Guerra, F. L., Socoloski, R. F., Giordani, C., Zucchetti, L., & Masuero, A. B. (2021). Mortar coating degradation in historical buildings facades from Rio Grande do Sul – Brazil. *Construction and Building Materials*, 310. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125221>
- Zanoni, V. A. G., Sanchez, J. M. M., & Bauer, E. (2018). Métodos para quantificação de chuva dirigida incidente nas fachadas das edificações. *PARC Pesquisa Em Arquitetura e Construção*, 9(2), 122–132. <https://doi.org/10.20396/parc.v9i2.8650260>