ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Uso de HBIM para registro de degradações em fachada do Prédio Centenário/UFRGS

Use of HBIM for damages recording in the Centenario/UFRGS façade

Eng. Glenio Omar Varella Pereira Junior
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | gleniovarella@gmail.com
Ma. Caroline Giordani
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | giordani.carol@gmail.com
Ma. Roberta Casarin
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | robertapcasarin@gmail.com
Prof. Dra. Fernanda Lamego Guerra
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | f.lamegoguerra@gmail.com
Prof. Dra. Lais Zucchetti
UFRGS | Porto Alegre | Brasil | lais.zucchetti@ufrgs.br

Resumo

A elaboração do mapa de danos revela-se indispensável para um projeto adequado de intervenção no patrimônio histórico. Apesar de sua importância, existem diferentes formas consideradas eficazes para sua produção. Nesse sentido, este artigo busca explorar a metodologia *Historic Building Information Modelling* (HBIM) a partir do desenvolvimento de um modelo e utilização de ortofotos baseadas em nuvem de pontos, para criar um mapa tridimensional com as informações de danos da fachada sudeste do Prédio Centenário/UFRGS. Para isso, foram utilizados os softwares *ACCA Edificius®* e *Agisoft Metashape®*. Como resultado, obteve-se o modelo com o registro das informações das manifestações patológicas na fachada sudeste, para o ano de 2023. Ainda, pode-se identificar a eficácia do uso dos *softwares* para o levantamento, identificação e inserção de informações de manifestações patológicas em edificações históricas.

Palavras-chave: HBIM. Nuvem de Pontos. Modelo. Degradação. Mapa de Danos. Fachada. Prédios Históricos.

Abstract

The preparation of a damage map proves to be essential for an adequate intervention project in historical heritage. Despite its importance, there are different methods considered adequate for its production. In this context, this paper seeks to explore the Historic Building Information

Como citar:
VARELLA, G. *et al.* Uso de HBIM para registro de degradações em fachada do Prédio Centenário/UFRGS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

Modeling (HBIM) methodology through the development of a model and the use of orthophotos based on point clouds to create a three-dimensional map with damage information of the southeast facade of the Centenary Building/UFRGS. For this purpose, ACCA Edificius® and Agisoft Metashape® software were used. As a result, a model was obtained with the recorded information of pathological manifestations on the southeast facade for 2023. Additionally, the effectiveness of using these software tools for surveying, identifying, and inputting information on pathological manifestations in historical buildings was identified.

Keywords: HBIM. Point Cloud. Ortophoto. Model. Degradation. Demage Map. Facade. Historic Buildings.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a inovação na engenharia tem sido impulsionada pela adoção de novas tecnologias e abordagens, buscando soluções mais eficientes para registro e monitoramento de manifestações patológicas em edificações, dentre outras aplicações. Neste contexto, uma das possibilidades é o uso do *Historic Building Information Modelling* (HBIM) [1], que combina *Building Information Modelling* (BIM) com a coleta de dados físicos de edificações, através do mapeamento por nuvem de pontos, com posterior criação de modelos parametrizados com diversas aplicabilidades, incluindo o uso em edificações históricas [2][3][4]. Este método tem sido objeto de estudo de pesquisadores no Brasil e no exterior, que exploram os benefícios de seu uso para a gestão do patrimônio construído e apontam os desafios para a disseminação do HBIM como ferramenta efetiva para a conservação, principalmente para prédios históricos [5][6][7].

Para o desenvolvimento deste tipo de estudo, normalmente, aliam-se ao modelo BIM conceitos difundidos e aplicados em estudos recentes como fotogrametria por drone [6][7][8], nuvem de pontos [1][9], degradação [10][11] e mapa de danos [3][10][12]. Esse mapeamento de degradações indica as condições de uma edificação em um determinado momento [10] e, se realizado de forma digital, pode ser atualizado em intervalos pré-determinados de tempo e servir de base para apontar prováveis causas das manifestações patológicas encontradas, orientando planos de restauro e/ou intervenção eficientes [3].

Ou seja, quando se pensa na utilização de HBIM para realização do gerenciamento do estado de conservação de bens patrimoniais, destaca-se a facilidade de unir dados referentes às construções históricas em um arquivo editável, organizado, otimizado e pronto para incorporar gradualmente novas informações sobre a edificação [5][10]. Nesse contexto, uma das aplicabilidades do HBIM é possibilitar a elaboração de mapa de danos tridimensionais, aprimorando o registro de um mapa de danos bidimensional tradicional, que apresenta algumas limitações, tais como a quantificação precisa e a incompatibilidade de uso entre softwares, dificultando a extração de informações [3][13]. Para edificações históricas existentes, o HBIM torna mais eficiente os processos de documentação, preservação, manutenção e execução de intervenções de restauro durante a vida útil da edificação [3].

Buscou-se neste trabalho, portanto, inserir as informações sobre as manifestações patológicas encontradas em uma fachada do Prédio Centenário da Faculdade de Engenharia da UFRGS, com base na metodologia HBIM. Após a geração da nuvem de pontos e posterior constituição de modelo correspondente à fachada original, obteve-se um modelo com as informações das condições de preservação da edificação, almejando facilitar as manutenções e possibilitando a observação da evolução da degradação presente, permitindo obtenção de informações para intervenções futuras contempladas em um único modelo.

CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A edificação escolhida como objeto de estudo neste trabalho foi o Prédio Centenário da Escola de Engenharia (30° 1' 56,17" S, 51° 13' 20,08" O), localizado no Campus Centro da UFRGS, em Porto Alegre. O edifício tem 124 anos de existência e faz parte do conjunto de prédios históricos da Universidade [14], com sua fachada sendo um símbolo da Escola de Engenharia da UFRGS, tornando-se um local de destaque na Universidade e na cidade (Figura 1).

Figura 1: Prédio Centenário da Escola de Engenharia (UFRGS)



Fonte: Setor de Patrimônio Histórico (SPH) da UFRGS (2024).

As fachadas analisadas contemplam as superfícies externas, sem considerar a cobertura, sendo denominadas Lateral Sudeste, Sudoeste, Noroeste e Nordeste (Figura 2).

Figura 2 - Localização da edificação e entorno



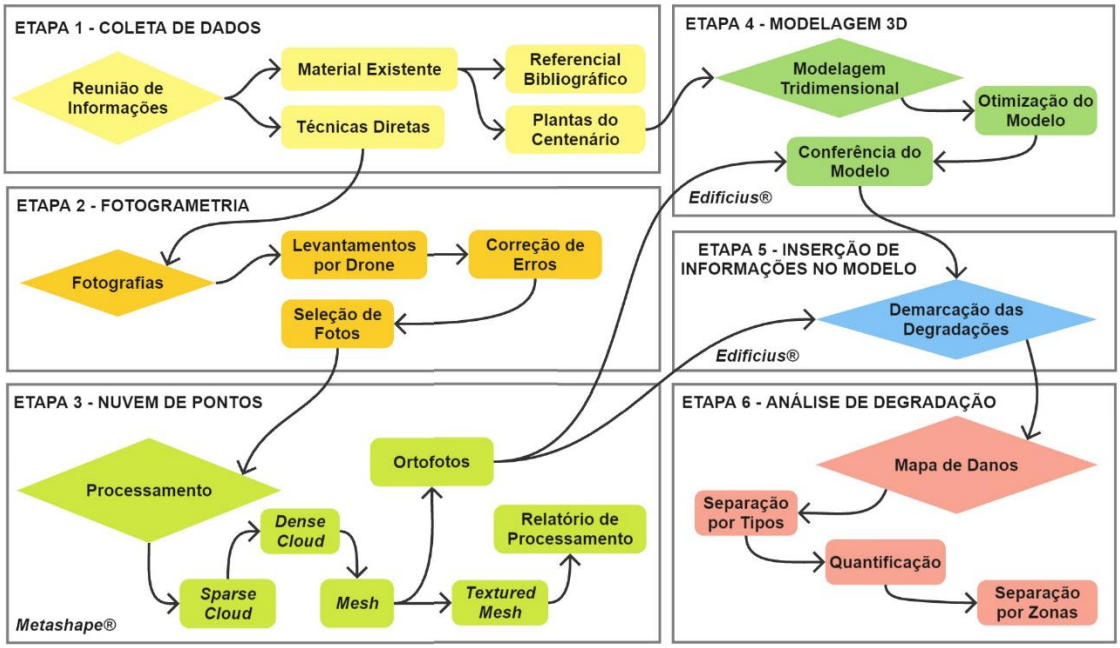
Fonte: Google Maps, adaptada pelos autores (2024).

MÉTODO

Esta pesquisa foi elaborada em seis etapas principais, apresentadas em forma de fluxograma na Figura 3. Inicialmente, foi realizada a coleta de informações em arquivos físicos e digitais pré-existentes da edificação (etapa 1). Em seguida, foram capturadas e selecionadas as imagens georreferenciadas de vários ângulos da edificação com o uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) (etapa 2), com posterior processamento das imagens no *software Metashape®,* gerando a nuvem de pontos (etapa 3). Nesta etapa também foi selecionada a fachada sudeste para levantamento das manifestações patológicas. O passo seguinte caracterizou-se pelo uso das representações gráficas da edificação (plantas baixas e fachadas) fornecidas em CAD (*Computer Aided Design*/desenho assistido por computador) pelo Setor de Patrimônio Histórico (SPH/UFRGS) para a geração do modelo 3D no *software Edificius®* (etapa 4), seguindo, após, para a conferência do modelo, observando suas compatibilidades e limitações (etapa 5). Por fim, foi realizado o registro do estado de conservação da fachada Sudeste, no modelo tridimensional, através de ortofotos, para a geração de mapa de danos e descrição das manifestações patológicas encontradas, originando o modelo HBIM (etapa 6).

Vale ressaltar que algumas etapas da metodologia desenvolvida são independentes, tais como a Etapa 2 (Fotogrametria) e a Etapa 3 (Nuvem de pontos) em relação à Etapa 4 (Modelagem 3D). Para replicar a metodologia, a modelagem 3D pode preceder os levantamentos fotográficos sem afetar os resultados, permitindo começar com dados existentes (Figura 3).

Figura 3 - Fluxograma da metodologia HBIM adotada



Fonte: Autores (2024).

ETAPA 1 - COLETA DE DADOS

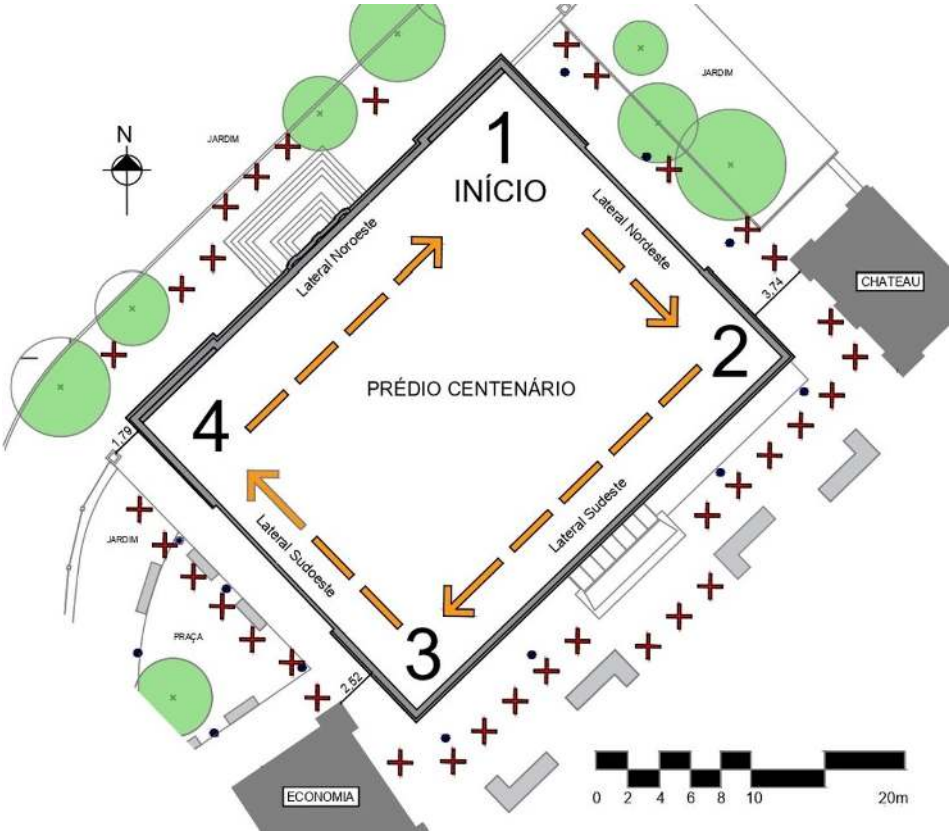
Foram fornecidos, pelo SPH, arquivos de CAD em 2D com o levantamento dimensional da construção, sendo oriundos do projeto de restauro total da obra, iniciado em 2009 e concluído em 2015. Os arquivos de planta baixa e fachada continham dimensões que foram utilizadas para a construção do modelo 3D no *software Edificius®* (etapa 4).

ETAPA 2 - FOTOGRAMETRIA

Para a etapa de levantamento, foi utilizado VANT DJI MAVIC Pro 2, com autonomia de 31 minutos e captura de imagens de até 20 MP. O computador utilizado para a modelagem e desenvolvimento do estudo possui processador *Intel Core I7*, placa de vídeo NVIDIA GTX 1650, armazenamento de 1 TB HD + 128 GB SSD e memória RAM de 16 GB.

Para esta etapa foi feito um croqui, a partir da planta de situação da edificação, para desenvolvimento do plano de voo para o levantamento das fachadas (Figura 4). As marcações “X” em vermelho, na Figura 4, foram os pontos de subida do drone, respeitando as interferências e buscando sobreposição de 65 a 75% entre fotografias [5][7][15]. Seguindo esses parâmetros, as prumadas foram padronizadas na lateral sudeste, gerando uma melhor representação, o que justifica sua escolha como fachada para a aplicação da metodologia.

Figura 4 - Croqui do plano de voo



Fonte: Autores, adaptado do Setor de Patrimônio Histórico da UFRGS (2024).

ETAPA 3 - NUVEM DE PONTOS

Foram realizados quatro levantamentos, em dias diferentes, para cobrir todas as fachadas, buscando completar a malha de imagens para o *software Metashape®*. Cada etapa durou cerca de uma hora para ser finalizada, sendo geradas 2700 fotos ao todo. Para facilitar a renderização, foram selecionadas 1809 fotos de todo o prédio, e após a escolha da fachada sudeste, utilizou-se apenas 819 fotos georreferenciadas. Essa diminuição é benéfica nesse método pois a quantidade de fotos e a proximidade do objeto não é necessariamente sinônimo de qualidade da nuvem final [7]. Cabe ressaltar que os pontos que formam a nuvem contêm informações geométricas, ou seja, as coordenadas que servem para localização num sistema de referência conhecido. Além disso, também contêm informações colorimétricas, pois cada ponto está associado a uma cor obtida no levantamento. Esse registro permite identificar, ao longo do tempo, as alterações, em função da degradação, que ocorrem na fachada.

ETAPA 4 - MODELAGEM 3D

Nesta etapa foi criado um modelo tridimensional representativo do Prédio Centenário, no *software Edificius®*. Foram utilizadas como base a planta baixa e elevação da fachada Sudeste, importados do *AutoCAD®* para o *software Edificius®,* e a ferramenta

de inserção de modelo nativa do *software* para delimitação de objetos a partir de um *background* em DWG. A inserção foi realizada por elementos, observando as especificidades das paredes, esquadrias, frisos e cimalhas.

Foi necessário validar a modelagem tridimensional realizada no *software Edificius®*, onde buscou-se adequar a ortofoto ao modelo, deixando-a na mesma escala e proporção [5]. A validação se deu por uma verificação bidimensional por proporção. Foram adotadas as medidas horizontal e vertical de toda a fachada Sudeste, assim como a dimensão de alguns elementos, como frisos e cimalhas, de modo a comparar a medida real, a ortofoto gerada da nuvem e o modelo.

ETAPA 5 - INSERÇÃO DAS INFORMAÇÕES NO MODELO

Após essa validação, foi realizada a inserção dos dados de degradação no modelo. Neste momento unem-se as informações de geometria e de estado de conservação. Pesquisas recentes demonstram essa abordagem como válida e reforçam o uso de HBIM para essas finalidades [6][7], onde o modelo criado torna-se ferramenta essencial para a continuidade do mapeamento de dados precisos e atualizados [8].

O levantamento de manifestações patológicas a partir de ortofotos é uma das funcionalidades específicas para edificações históricas no *software Edificius®* [6].

Com auxílio da ortofoto como *background*, utilizou-se as ferramentas “lesão” e “área de degradação”, para marcação, manual, das manifestações patológicas. Após demarcar os danos, a legenda das lesões e áreas de degradações é um processo automatizado do *software*.

ETAPA 6 - ANÁLISE DE DEGRADAÇÃO

A inserção dos dados de degradação no modelo foi realizada por tipos, para quantificar de forma adequada os danos encontrados no *software Edificius®.* Além disso, optou-se por subdividir a fachada em três partes, com base em uma abordagem de divisão da edificação [16], para analisar o mapa de danos por regiões distintas em uma mesma fachada.

RESULTADOS

Os subitens a seguir se referem aos resultados das etapas descritas anteriormente, e que serviram de base para os resultados encontrados nas Etapas 5 (Inserção de informações no modelo) e 6 (Análise de degradação).

NUVEM DE PONTOS

Com base nas fotos selecionadas, a partir do levantamento realizado com o VANT, foram geradas, no *software Metashape®*, as nuvens de pontos (*Sparse, Dense, Mesh, Textured Mesh*) [1][5]. A qualidade e precisão dos dados gerados são diretamente

proporcionais à capacidade computacional (Figura 5). A *Dense Cloud* possui um total de 148.086.321 pontos e a *Textured Mesh* conta com 64.675.23 faces triangulares.

Figura 5 – Etapas de renderização da fachada sudeste no *software Metashape®*. *Sparse Cloud* (à esquerda acima); *Dense Cloud* (à direita acima); *Mesh Sólido* (à esquerda abaixo); *Textured Mesh* (à direita abaixo).



Fonte: Autores (2024).

A presença de objetos próximos à edificação interferiu na precisão, e consequentemente gerou distorções (Figura 6).

Figura 6 – Exemplo de região com interferências: (a) Zoom da *Textured Mesh* com inconsistências indicadas (à esquerda); (b) Foto capturada por drone (à direita).

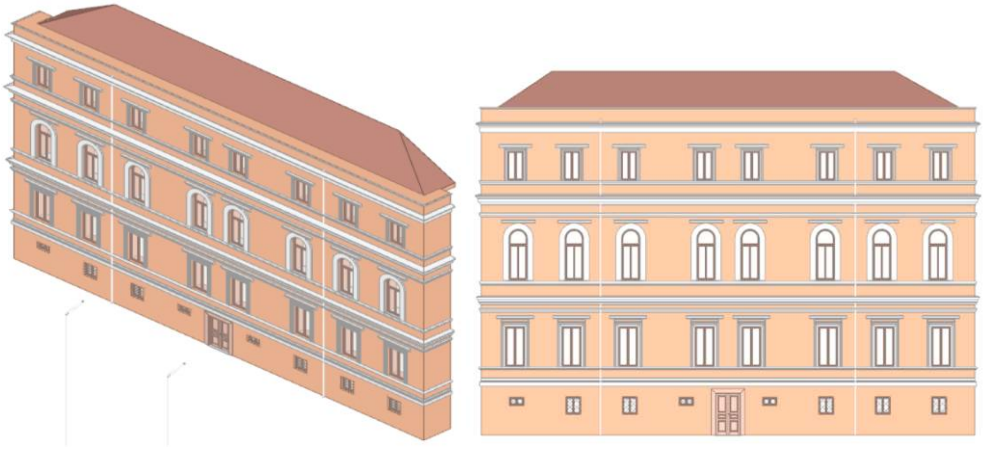


Fonte: Autores (2024).

MODELO 3D

Criou-se, como descrito anteriormente na Etapa 4, o modelo no *software Edificius®,* que serviu como uma representação virtual básica da fachada sudeste do Prédio Centenário, considerando geometria e dimensões (Figura 7).

Figura 7 – Vistas do modelo 3D: (a) Perspectiva (à esquerda) e (b) fachada Sudeste (à direita).

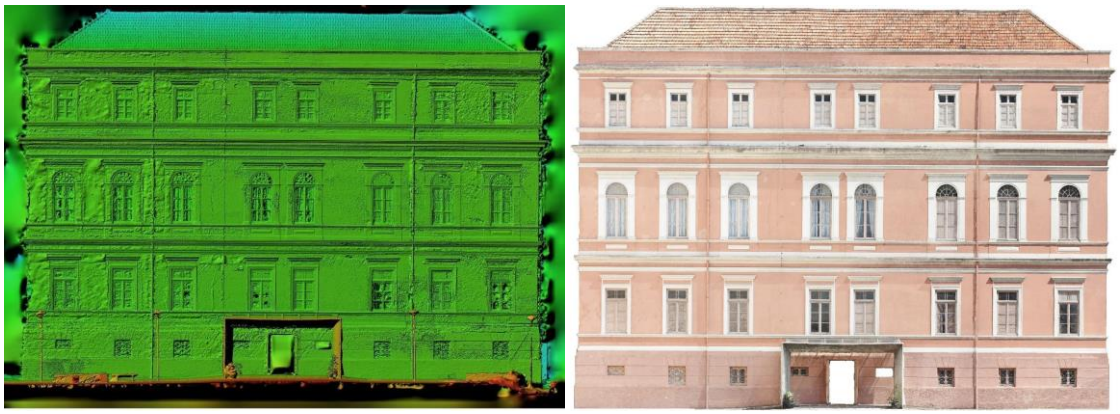


Fonte: Autores (2024).

GERAÇÃO DE ORTOFOTO

No *software Metashape®*, após ser gerada a nuvem de pontos, criou-se um *Digital Elevation Modelling* (DEM) com o uso de *markers* de localização, e baseado neste, gerou-se a ortofoto para a inserção no modelo (Figura 8).

Figura 8 – Etapas finais de renderização no *software Metashape®*. DEM corrigido gerado com *markers* (à esquerda) e ortofoto da Fachada Sudeste (à direita).



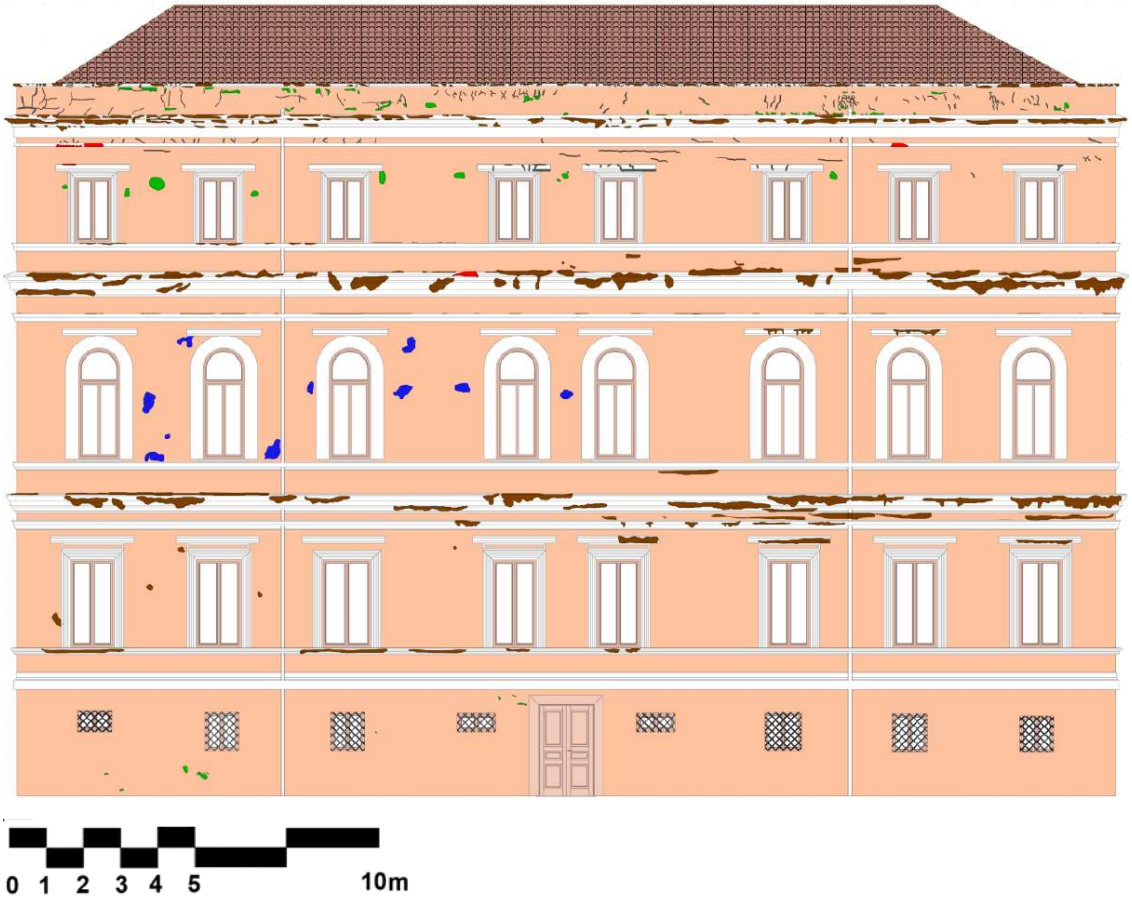
Fonte: Autores (2024).

MAPA DE DANOS

Para a geração do mapa de danos, foram definidos os cinco tipos de manifestações presentes (Tabela 1): danos na pintura, descolamentos, mancha por retoque na pintura, sujidade e fissuras. As definições básicas de cada degradação estão em um banco de dados nativo do *software*, com uma breve descrição de cada manifestação patológica, alteráveis pelo usuário, de acordo com a necessidade.

A Figura 9 mostra o mapeamento realizado a partir da metodologia aplicada, destacando as principais manifestações patológicas verificadas na fachada sudeste do edifício em estudo.

Figura 9 - Mapa de danos da lateral sudeste do Prédio Centenário com legenda de degradações



Fonte: Autores (2024).

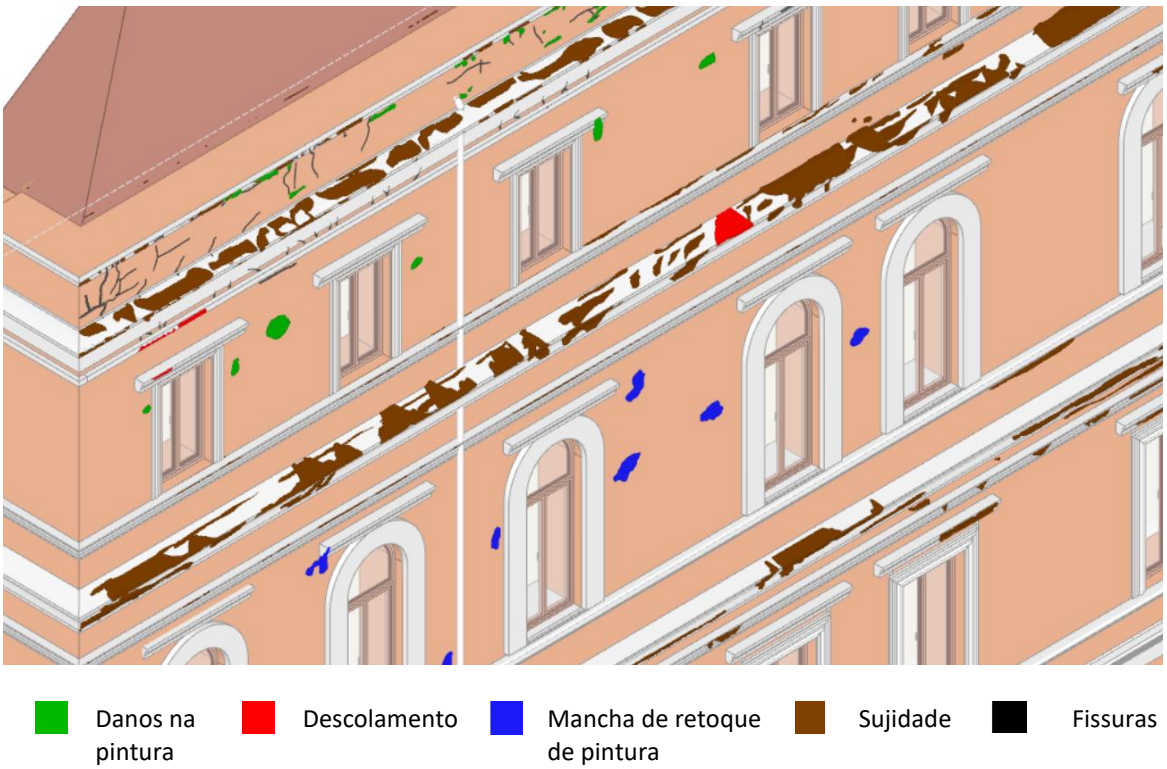
Tabela 1: Legenda e descrição das manifestações patológicas

Cor	Degradação	Descrição
	Danos na Pintura	Alterações na pintura e manchamento
	Descolamento	Perda de aderência do material (camada de tinta ou argamassa de revestimento)
	Mancha de retoque na Pintura	Variação cromática localizada da superfície relacionada a manutenções (correções) pontuais recentes de pintura com acabamento heterogêneo
	Sujidade	Alteração provocada por depósitos superficiais (detritos ou material particulado), alteração química por poluentes presentes no ar ou alteração biológica (biodeterioração)
	Fissuras	Fissuração decorrente de efeitos higrotérmicos/fadiga do material

Fonte: Autores (2024).

O *software* sobrepõe a informação inserida sobre um modelo 2D, como uma projeção, e desta forma, as degradações presentes na parte superior ou inferior de elementos sobressalentes, como os ornatos, não são correspondentes com exatidão ao observado na edificação, sendo essa uma das limitações da metodologia (Figura 10).

Figura 10 - Mapa de danos em perspectiva do modelo com projeções sobre ornatos

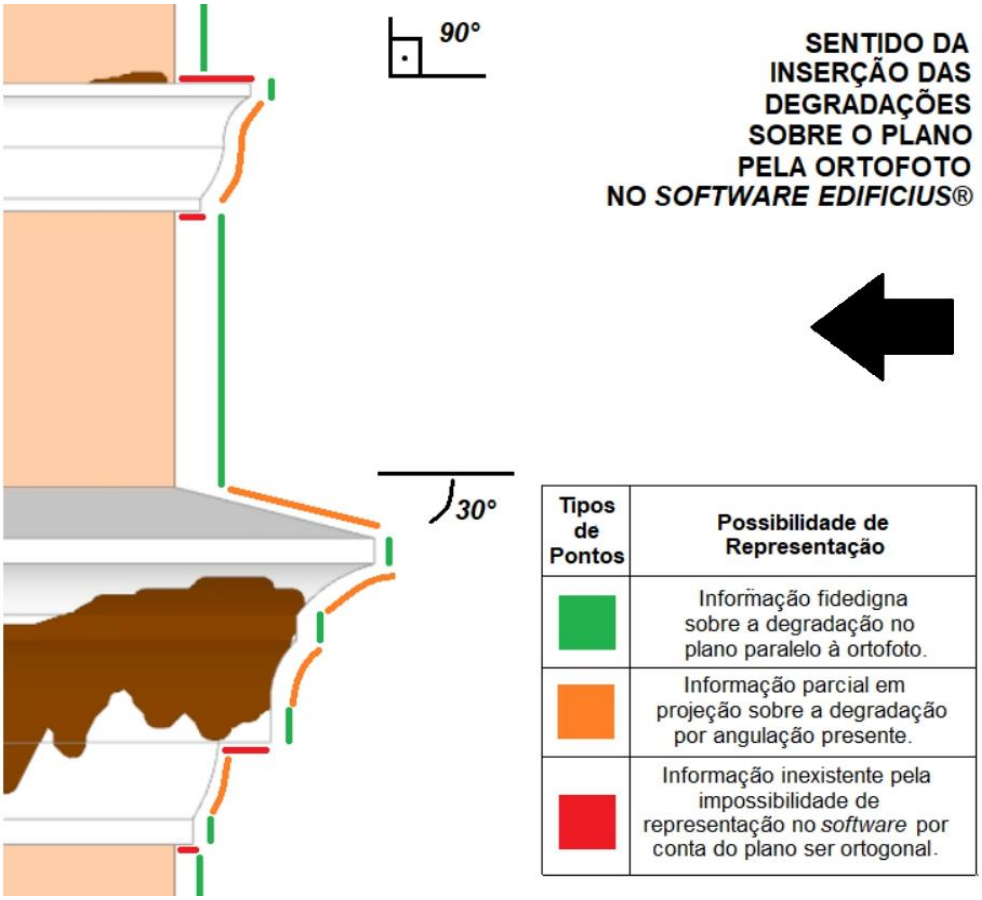


Fonte: Autores (2024).

O topo da fachada da edificação e a presença de elementos sobressalentes são pontos onde ocorre maior concentração de degradações, devido à maior exposição aos fatores ambientais.

Buscou-se a representação completa das degradações, tais como a parte superior de ornatos e reentrâncias, que são informações difíceis de serem inseridas em mapas de danos convencionais [6]. Entretanto, a angulação do plano que se pretende registrar é determinante para aproximar o registro da realidade, variando desde pontos com a informação exatamente correspondente, a pontos com informações parciais (projeções) e pontos onde a informação é inexistente por impossibilidade de representação no *software*, sendo considerada pelos autores a principal limitação do método de registro de degradações no *software Edificius®*, em uma perspectiva onde se busca avançar a representação para mapa de danos em 3D (Figura 11).

Figura 11 – Particularidade da representação de degradações no *software Edificius*®



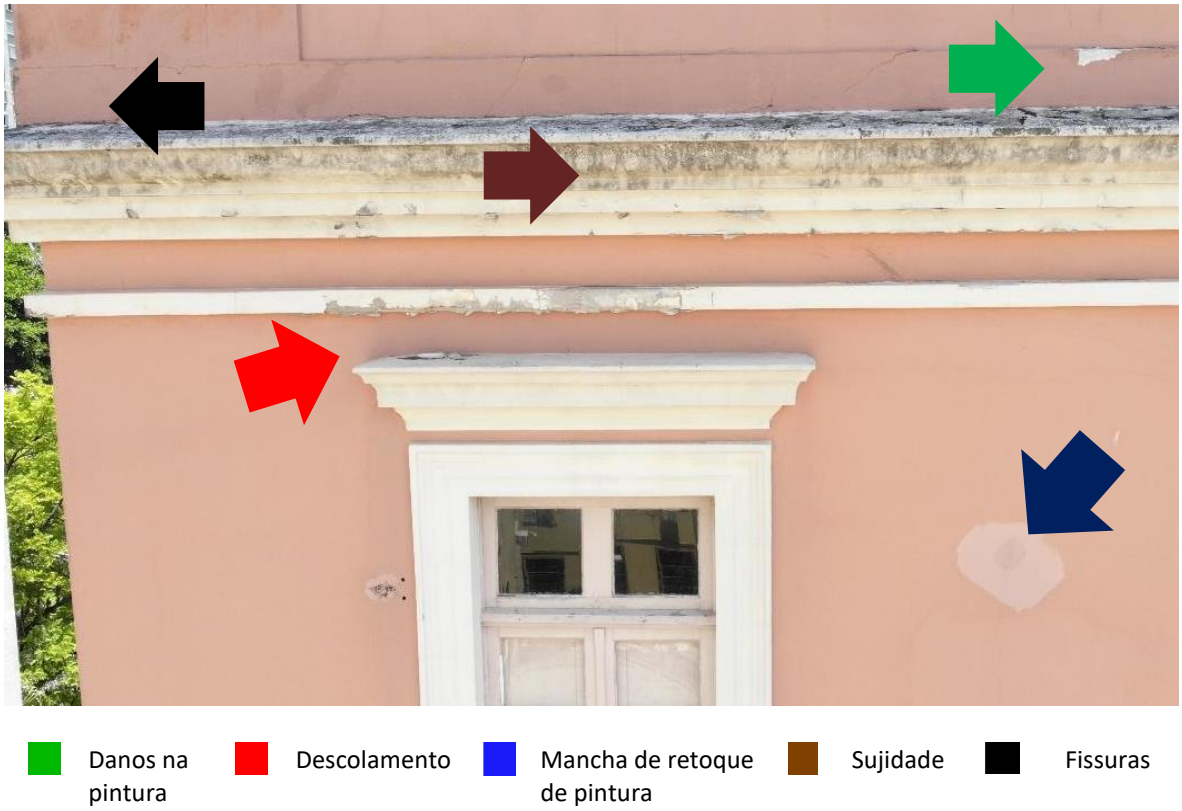
Fonte: Autores (2024).

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS

As principais degradações encontradas e suas prováveis causas corresponderam a: intervenções humanas, danos na pintura, sujidade, fissuras e descolamentos.

A Figura 12 exemplifica as principais manifestações patológicas identificadas.

Figura 12 - Foto do drone com exemplos das manifestações patológicas



Fonte: Autores (2024).

ANÁLISE POR SUBDIVISÕES DA FACHADA SUDESTE

Foram determinadas três regiões distintas para analisar a fachada [16]. A base constitui a porção relacionada ao terço diretamente acima do solo; o corpo como sendo a junção do primeiro e segundo pavimentos (logo acima da base); e o topo, que se refere ao terceiro pavimento e platibanda, sem considerar o telhado (logo acima do corpo). A cota exata de divisão das partes está descrita na Tabela 2.

Após a subdivisão, foi realizada a exportação da tabela de áreas de degradação do software pelo fluxo “Navegador > Relatórios > Tabelas e Ábacos”. Essa funcionalidade permite, entre outras caraterísticas editáveis, quantificar a superfície e o perímetro de cada elemento inserido sobre o modelo como representação da degradação, bem como a medida linear de grupos de fissuras, criando um parâmetro para outras análises posteriores.

Com esses dados do mapa de danos, pode-se estimar sobre a superfície da fachada qual o percentual de degradação encontrado sobre as regiões da edificação e sua distribuição, além de possibilitar a comparação da incidência de cada tipo de degradação com as demais (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise percentual da fachada sudeste

ANÁLISE GERAL	
Superfície Total [m²]	**%**
539,57	100
Degradações [m²]	**% em relação a toda a fachada**
Sujidade	5,70
Danos na Pintura	0,18
Mancha de Retoque de Pintura	0,16
Descolamento	0,07
Somatório de Medida Linear (m)	
Fissuras	53,68

ANÁLISE POR REGIÃO	
TOPO (cota 14,58 m a 19,8 m)	
Área da Região (m²) = 137,42 m²	
Degradações [m²]	**% sobre a região**
Sujidade	0,36
Danos na Pintura	0,04
Mancha de Retoque de Pintura	*ausente*
Descolamento	0,02
Somatório de Medida Linear (m)	
Fissuras	53,68

ANÁLISE POR REGIÃO	
CORPO (cota 4,11 m a 14,58 m)	
Área da Região = 298,87 m²	
Degradações [m²]	**% sobre a região**
Sujidade	2,29
Danos na Pintura	0,01
Mancha de Retoque de Pintura	0,09
Descolamento	*ausente*
Fissuras	*ausente*

ANÁLISE POR REGIÃO	
BASE (cota zero a 4,11 m)	
Área da Região = 103,28 m²	
Degradações [m²]	**% sobre a região**
Sujidade	0,03
Danos na Pintura	0,01
Mancha de Retoque de Pintura	*ausente*
Descolamento	*ausente*
Fissuras	*ausente*

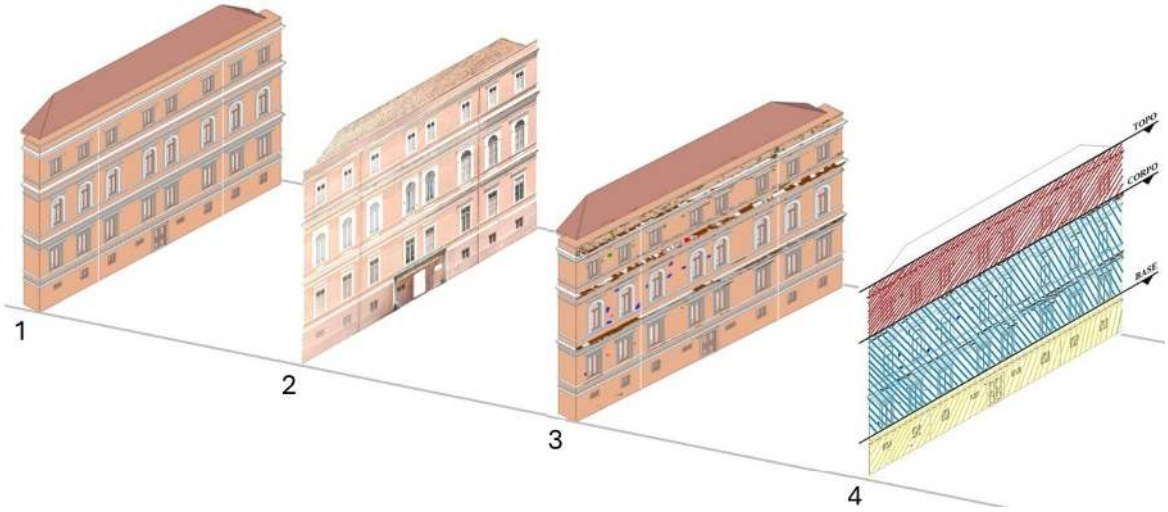
Fonte: Autor (2024).

Nesse panorama, de forma geral, verifica-se a predominância de sujidade nas fachadas da edificação. Analisando as subdivisões, se observa a maior presença de sujidade no corpo da edificação, assim como nota-se maior incidência de danos na pintura e de fissuras na superfície do topo da edificação. A Tabela 2 também indica a ausência de algumas degradações em certos trechos da edificação, como por exemplo, na base não foram verificadas fissuras, manchas de retoque de pintura ou descolamentos.

Adicionalmente, recomenda-se registrar no programa as degradações em grupos de características similares, facilitando o processo de identificação das causas, geração de legenda após a demarcação e exportação da tabela de informações.

A inclusão passo a passo das manifestações patológicas, o modelo 3D, a ortofoto, o mapa de danos e a divisão em regiões estão detalhadas na Figura 13.

Figura 13 – Perspectiva de aplicação da metodologia. Passo 1: A criação do modelo 3D no *software Edificius®*, após unir informações existentes. Passo 2: Ortofoto gerada a partir da nuvem de pontos, que fornece a localização das degradações. Passo 3: As ocorrências de manifestações patológicas no mapa de danos são representadas por cores distintas que diferenciam os tipos de danos. Passo 4: A divisão em regiões, que aprofunda a análise do mapeamento dos danos.



Fonte: Autores (2024).

Em vista dos resultados encontrados, o modelo 3D gerado no *software Edificius®* atinge o objetivo da metodologia HBIM, servindo como meio para a geração do mapa de danos, com possível expansão do modelo com dados adicionais sobre deterioração e preservação.

CONCLUSÃO

A partir deste estudo foi possível avaliar a viabilidade da metodologia, onde foram demonstradas as possibilidades, dificuldades e alternativas para permitir a aplicação do HBIM.

A geração de um modelo 3D com mapa de danos no software Edificius® ilustra parte do potencial do HBIM para a união de informações sobre uma mesma edificação, onde é possível a inserção de informações adicionais, como dados sobre os materiais, técnicas de construção, assim como o acompanhamento do estado de conservação com o passar do tempo.

O mapa de danos foi considerado satisfatório, mesmo com as limitações que dificultaram as etapas da metodologia, como o processamento computacional, resolução das imagens geradas, as distorções geradas pelos obstáculos ao VANT, o manuseio dos arquivos e escolhas das etapas intermediárias.

De forma geral, a sujidade foi a manifestação patológica predominante na fachada sudeste do Prédio Centenário, sendo visualizada em todas as seções pré-definidas

(base, corpo e topo). As fissuras foram observadas apenas no topo e as manchas relacionadas ao retoque de pintura foram identificadas exclusivamente no corpo.

A vantagem da aplicação do método em comparação com meios tradicionais de demarcação de danos é notável, otimizando processos que antes eram restritos em uma modelagem bidimensional. O método digital para a geração do mapa de danos precisa utilizar softwares específicos, e a capacidade dos pesquisadores de manusear esses softwares deve ser estimulada, sendo um campo em desenvolvimento que carece de pesquisas aplicadas no contexto brasileiro.

REFERÊNCIAS

[1] LOPES, I. T.; GROETELAARS, N. J.; CHECCUCCI, E. S.; AMORIM, A. L. Automação da modelagem BIM a partir de nuvens de pontos: uma revisão sobre métodos e técnicas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 14, p. e023010-e023010, 2023.

[2] ALMEIDA, A. dos S. **HBIM: modelagem de informação para preservação de patrimônio.** 82 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

[3] SILVA, F. B. L.; CUPERSCHMID, A. R. M. **HBIM e Mapa de Danos: uma Revisão Sistemática da Literatura**. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, v. 13, p. e022003–e022003, 1 jan. 2022.

[4] SILVA, M. C. da; GONÇALVES, P. H.; ZANONI, V. A. G.. **Dos procedimentos tradicionais às tecnologias digitais: um panorama sobre os mapas de danos**. 2022.

[5] RIVOIRE, A. B. **Uso de HBIM para modelagem tridimensional e registro do estado de conservação do Castelinho/UFRGS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Porto Alegre, 2022.

[6] CARMO, G. F.; NUNES, G.; GONÇALVES, P. Emprego do HBIM na produção de mapa de danos: Casa Mantovani em Erechim, Rio Grande do Sul In: PATRIMONIO 4.0, 1. ed, 2022, Goiania. **Anais de evento.** São Paulo: Camara Brasileira do livro, 2022. p. 137 – 150.

[7] ZANELLA, J. G. C.; PIERRI, M. E. de M. A.; CONCEIÇÃO, N. F. da; CAMPEDELLI, R. S. **Tecnologias aplicadas ao levantamento de patrimônio histórico: casa de imigração italiana no vale do Itajaí**. In: PATRIMONIO 4.0, 1. ed, 2022, Goiânia. **Anais de evento.** São Paulo: Câmara Brasileira do livro, 2022. p. 273 – 285.

[8] OLIVEIRA, J. P. de; ZANONI, V. A. G.; PELLEGRINO, P. Levantamento com scanner à laser na modelagem da Igrejinha: um estudo do nível de desenvolvimento-LOD. In: PATRIMONIO 4.0, 1. ed, 2022, Goiania. **Anais de evento**. São Paulo: Camara Brasileira do livro, 2022. p. 80 – 93.

[9] CONTRERAS, J. G. V.; DA SILVA MOURA, N. C.; DE OLIVEIRA, F. L. **HBIM na preservação do patrimônio moderno: processamento de nuvens de pontos e modelagem geométrica**, 2020.

[10] GUERRA, F. L.; ZUCCHETTI, L.; GIORDANI, C.; MASUERO, A. B.; DAL MOLIN, D. C. C. Processamento de imagem como ferramenta para análise de manifestações patológicas em edificações históricas. In: PATRIMONIO 4.0, 1. ed, 2022, Goiânia. **Anais de evento**. São Paulo: Câmara Brasileira do livro, 2022. p. 215 – 230.

[11] WATT, D. S. **Building pathology: Principles and practice**. John Wiley & Sons, 2009.

[12] TINOCO, J. E. L.. **Mapa de danos recomendações básicas**. Olinda: CECI, 2009.

[13] SILVA, F. B. L. da. **HBIM aplicado à documentação diagnóstica do patrimônio cultural moderno: edifício E1-USP São Carlos**. 2021. Tese de Doutorado.

[14] SPH: **Setor de Patrimônio Histórico da UFRGS**, 2024. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/patrimoniohistorico/escola-de-engenharia/>. Acesso: 31/03/2024.

[15] RIBEIRO, L.; SANTOS, J. V. Modelagem do real forte príncipe da beira: experiências associativas com nuvem de pontos e REVIT. In: PATRIMONIO 4.0, 1. ed, 2022, Goiânia. **Anais de evento**. São Paulo: Câmara Brasileira do livro, 2022. p. 166 – 175.

[16] VERDUM, G.; BERSCH, J. D.; GUERRA, F. L.; SOCOLOSKI, R. F.; GIORDANI, C.; ZUCCHETTI, L.; MASUERO, A. B. Mortar coating degradation in historical buildings facades from Rio Grande do Sul/Brazil. **Construction And Building Materials**, v. 310, p. 125221, 2021. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125221.