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

Gestão da manutenção de edifício público inacabado apoiado por BIM

Maintenance management of unfinished public buildings supported by BIM

Murilo Rocha Moura
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | murilo.moura@ufba.br
Lorrana da Silva Nunes
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | lorrana.nunes@ufba.br
Anthony Alves Lima
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | anthonyal@ufba.br
Amane Lopes Bento Xavier
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | amanelopes@gmail.com
Alisson Souza Silva
Universidade Federal da Bahia | Salvador | Brasil | so_alisson@hotmail.com

Resumo
A gestão eficaz da manutenção desempenha um papel fundamental na preservação da integridade das edificações ao longo de sua vida útil. Nesse contexto, este artigo tem como objetivo incorporar dados de inspeção de manifestações patológicas estruturais dentro de um modelo BIM, empregando a metodologia de estudo de caso e utilizando um edifício anexo Instituição Federal de Ensino Superior como objeto de estudo. Para isso, foi utilizado o método quantitativo do Grau de Deterioração de Estruturas (GDE/UnB) e a modelagem da estrutura no Autodesk Revit. Os resultados da incorporação ao modelo BIM mostraram-se promissores, permitindo a geração de dados visuais por meio da filtragem e parametrização, além de dados quantitativos em relação às ocorrências identificadas na inspeção. Estudos futuros podem aperfeiçoar essa integração e incluir outros métodos de análise.
Palavras-chave: Manifestações patológicas. BIM. Gestão da manutenção. Sistema estrutural.

Abstract
Effective maintenance management plays a fundamental role in preserving the integrity of buildings throughout their useful life. In this context, this article aims to incorporate inspection data on structural pathological manifestations into a BIM model, employing the case study methodology and using a building attached to a Federal Higher Education Institution as the object of study. For this purpose, the quantitative method of the Grau de Deterioração de Estruturas (GDE/UnB) and the modeling of the structure in Autodesk Revit were used. The results of the incorporation into the BIM model were promising, allowing visual data generation through filtering and parameterization, in addition to quantitative data regarding the occurrences identified in the inspection. Future studies can improve this integration and include other methods of analyzing the current state of buildings.
***Keywords**: Pathological manifestations. BIM. Maintenance management. Structural system.*

Como citar:
MOURA, M. R. et al. Gestão da manutenção de edifício público inacabado apoiado por BIM. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

A durabilidade é um tema relevante na construção civil, pois a vida útil das construções está diretamente ligada à qualidade dos sistemas construtivos e à ação de agentes de degradação ambiental. Assim, a durabilidade é o parâmetro que avalia a resposta da construção aos efeitos da agressividade, definindo sua vida útil [1]. No contexto das edificações públicas, muitas vezes inacabadas e com sistemas estruturais desprotegidos, estruturas expostas a condições adversas e de difícil manutenção são mais suscetíveis à degradação [2].

A Gestão da Manutenção (GM) pode desempenhar papel crucial na preservação destes ativos públicos, seja empregando manutenções preventivas sistemáticas ou corretivas. Estas últimas devem ser realizadas assim que o problema se manifestar, impedindo que pequenas falhas progridam para extensas patologias, conforme estabelece [3]. Portanto, a GM pode proporcionar a identificação e correção precoce de manifestações patológicas, garantindo durabilidade e segurança das edificações públicas inacabadas.

A respeito da identificação de manifestações patológicas, [1] afirma que o levantamento de dados é uma etapa extremamente delicada e deve ser realizada tal qual seja capaz de caracterizar, com o máximo rigor, possíveis necessidades de adoção de medidas especiais. No entanto, a dependência de fichas físicas de inspeção e a falta de projetos de obras públicas tornam difícil identificar com precisão a localização das manifestações presentes na edificação em um momento posterior. Isso evidencia a necessidade de soluções integradoras que auxiliem na gestão visual da manutenção e destaca que uma base de dados confiável do projeto permite saber quando e onde a manutenção é necessária [4].

Nesse contexto, a modelagem BIM surge como uma ferramenta promissora para atender a essa demanda. Desta forma, o objetivo deste estudo é explorar o uso do BIM para integrar dados de inspeções de estruturas em concreto armado. Para isso, foram levantadas informações sobre o estado atual da estrutura por meio de inspeções visuais, que foram posteriormente avaliadas usando o método GDE/UnB para determinar o nível de gravidade da estrutura. Por fim, essas informações foram inseridas no modelo BIM para apoiar a gestão da manutenção de um edifício público inacabado.

REVISÃO DA LITERATURA

BIM E GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A manutenção das edificações é de extrema importância para garantir o desempenho para a qual foi projetado, bem como garantir o conforto de seus usuários [5]. Portanto, a norma exige que a manutenção destes ativos comece desde o momento em que a edificação é colocada em uso. É pertinente então explorar a manutenção, especialmente em edifícios públicos, com o uso de tecnologias integradoras desde a fase de projeto. Um exemplo é a metodologia *Building Information Modeling (*BIM),

alinhada à Estratégia Nacional de Disseminação do *BIM* [6], que busca coordenar e estruturar o setor público para a adoção dessa metodologia.

Assim, segundo [7], o BIM representa um dos avanços mais significativos na indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação. Ainda, descreve-se o BIM como um modelo virtual detalhado de uma edificação, desenvolvido digitalmente, que integra uma geometria precisa e informações essenciais para apoiar processos de construção, fabricação e fornecimento de materiais [7].

Para integrar o BIM com a fase de Operação e Manutenção (O&M) de edifícios públicos, é importante entender o conceito e a operação do BIM-FM (*Facility Management*). Conforme [8], o BIM-FM aplicado à O&M constitui uma abordagem em que os proprietários, usuários e operadores das edificações possam desfrutar de um empreendimento completamente eficiente e o mais sustentável possível. Acrescenta-se que o conceito de BIM-FM se refere à aplicação das tecnologias e práticas do BIM com foco no gerenciamento de projetos, O&M, desempenho e qualidade, bem como na gestão de tecnologia e informações ao longo do ciclo de vida de uma edificação [9].

Embora as atividades associadas ao BIM-FM não estejam diretamente ligadas a edifícios inacabados, as práticas voltadas para a operação e manutenção corretiva dentro do BIM FM são compatíveis com o método de análise apresentado neste artigo. Assim, a literatura sobre gestão de O&M de ativos utilizando BIM aponta um estudo que explora a aplicação do BIM na manutenção e gestão de pontes e viadutos [4]. Outro estudo desenvolve um modelo BIM voltado especificamente para a inspeção de corrosão em pilares [10]. Ambos estudos sublinham a relevância do tema e apontam caminhos para futuras pesquisas na área.

ABORDAGENS SOBRE A ANÁLISE DO NÍVEL DE DETERIORAÇÃO DE EDIFICAÇÕES

Ao revisar a literatura sobre a análise de manifestações patológicas e o nível de deterioração em edificações, encontram-se estudos que se concentram no diagnóstico quantitativo de irregularidades em construções, visando subsidiar sua recuperação. Exemplos incluem o trabalho de [11], que mapeou danos nas fachadas da Igreja Matriz Nossa Senhora de Nazaré, em Riachão, MA; o estudo de [12], que avaliou o Eixo Rodoviário Norte de Brasília; e [13], que analisou o pavimento da garagem de uma edificação próxima ao mar em Salvador, BA.

Um exemplo de ferramenta de gestão da qualidade desenvolvida por [14] é a matriz GUT, que avalia a Gravidade, Urgência e Tendência das edificações. Essa abordagem permite uma classificação quantitativa das informações analisadas. Facilmente implementada na engenharia diagnóstica, a matriz GUT complementa a análise qualitativa de manifestações patológicas. [11] destaca seu uso ao criar um mapa de danos com um modelo 3D das informações coletadas, identificando problemas a serem corrigidos e estabelecendo prioridades.

Outro exemplo é a metodologia do Grau de Deterioração da Estrutura (GDE/UnB), abordada por [15] como uma adaptação da análise realizada por [16]. Esse procedimento classifica diversas famílias de elementos estruturais, atribuindo-lhes um

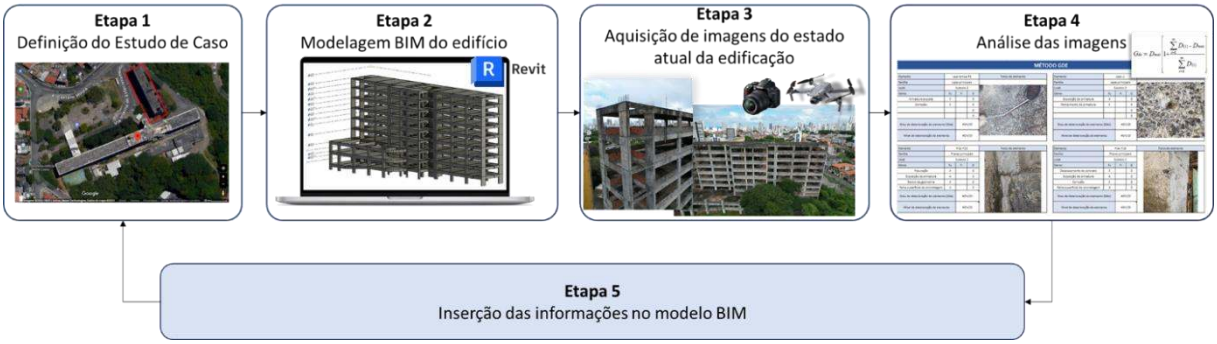
valor numérico com base em três fatores: Fator de Ponderação do Dano (Fp), Fator de Intensidade do Dano (Fi) e Fator de Relevância Estrutural da Família de Elementos (Fr). Esses fatores quantificam a importância de um dano, classificam sua magnitude em um elemento específico e consideram a relevância relativa das diferentes famílias de elementos, respectivamente. Assim, calcula-se o Grau de Deterioração da Estrutura (GDE). Essa metodologia é continuamente refinada, como visto nas propostas de [17] e [18], tornando-se ainda mais importante para mensurar as condições atuais dos edifícios e guiar as medidas de intervenção de maneira eficiente.

No contexto da metodologia GDE/UnB, diversos estudos destacaram sua utilidade para a tomada de decisões sobre manutenção de estruturas. Por exemplo, [12] e [13] aplicaram o método para avaliar condições estruturais e determinar intervalos de manutenção, enquanto [19] o utilizou para analisar a deterioração de um edifício inacabado em Universidade Federal. No entanto, as informações obtidas não foram integradas ao modelo BIM, apesar do potencial dessa combinação para a O&M da estrutura.

MÉTODO DE PESQUISA

Este estudo adotou o estudo de caso como estratégia de pesquisa que, segundo [20], é uma estratégia de pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto do mundo real, envolvendo análises qualitativas e/ou quantitativas. Dessa forma, esta pesquisa investiga a utilização do BIM como forma de registro de manifestações patológicas, visando subsidiar a GM de edifícios. Assim, esta pesquisa foi dividida em cinco etapas (Figura 1), a saber:

Figura 1: Estruturação da pesquisa em etapas



Fonte: os autores.

DEFINIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Para definição do estudo de caso, foi escolhido um edifício anexo à uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), que foi idealizado com o objetivo de expandir significativamente as atividades da Escola Politécnica, contemplando ambientes como salas de aula, auditório e laboratórios avançados.

Entretanto, o Edifício Anexo começou a ser construído em 2011, mas não avançou depois da primeira etapa, concluída em 2012 [21]. Diante disso, a construção

encontra-se interrompida desde 2013, tendo sido realizada apenas a etapa estrutural em concreto armado (Figura 2).

Figura 2: Objeto de estudo



Fonte: os autores.

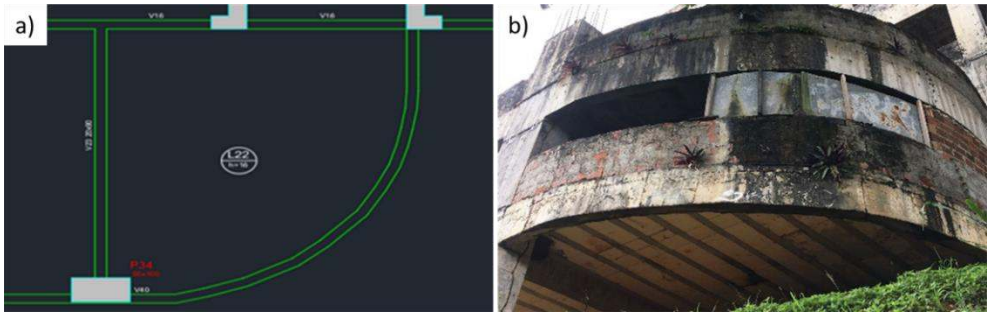
Como consequência, a edificação encontra-se em estado inacabado, com sua estrutura exposta à ação de intempéries, ocasionando a deterioração da estrutura e oferecendo risco à comunidade universitária. Considerando o potencial de incidências de manifestações patológicas presentes na estrutura da edificação, adotou-se o Edifício Anexo como objeto de estudo para avaliação do grau de deterioração e sua modelagem BIM.

MODELAGEM BIM DO EDIFÍCIO

A modelagem do Edifício Anexo foi realizada pelos membros de um projeto de extensão sobre BIM da IFES [22], onde, de acordo com [23], é desenvolvido através da metodologia de ensino-aprendizagem ativa baseada em Projetos Interdisciplinares ou *Project-Led Education* (PLE). Desta forma, a modelagem foi feita através do software Autodesk Revit para posterior parametrização das informações relacionadas às inspeções e GM.

Para auxiliar na modelagem, foram obtidos os projetos estruturais, datados de 2011. Entretanto, através de uma visita técnica à edificação, observou-se divergências em relação aos elementos estruturais contidos nos projetos e os que foram executados em obra. Um exemplo disso foi a existência de uma laje maciça (L22) no projeto, porém no pavimento Subsolo 2, existe uma laje em concreto pré-moldado (Figura 3).

Figura 3: a) Laje L22 projetada em concreto maciço; b) Laje L22 construída em concreto pré-moldado

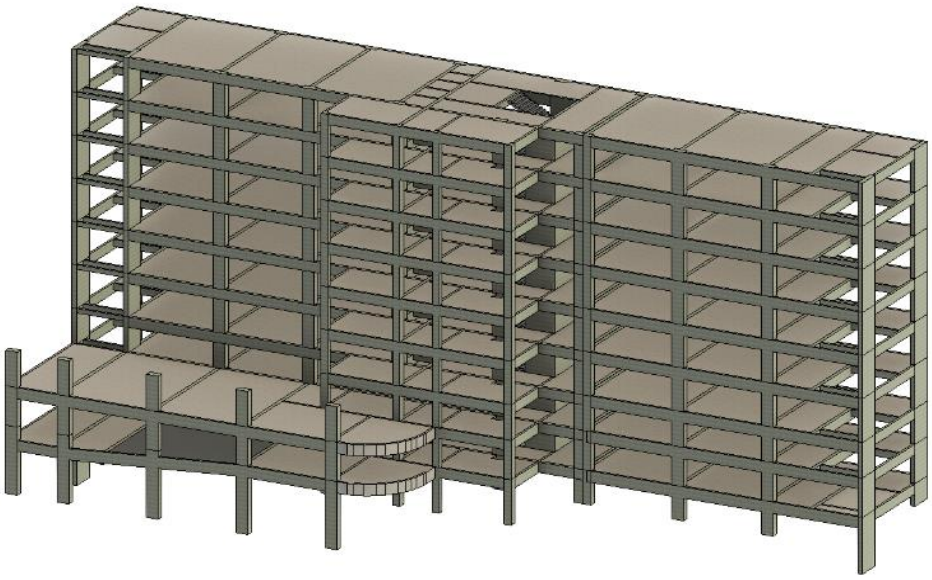


Fonte: os autores.

Esse ocorrido foi associado ao potencial fato da posse de projetos desatualizados em mãos. De todo o modo, com o objetivo de representar o modelo BIM de maneira mais fiel conforme construído, este fato gerou dificuldade no processo de modelagem da estrutura. Desta forma, observou-se a oportunidade de utilizar o Drone como ferramenta tecnológica para inspecionar o sistema estrutural da edificação e identificar outros pontos de incoerência em relação ao projeto.

Como delimitação, a modelagem da estrutura foi realizada com o nível de desenvolvimento (do inglês Level of Development - LOD) 300. Assim, apenas a volumetria da estrutura em concreto foi modelada, não necessitando a modelagem das armaduras internas em aço. Este fato justifica-se pois o intuito é utilizar o modelo BIM como fonte de dados visuais para informações mais generalistas da metodologia de análise empregada, não havendo a necessidade de modelá-la em um LOD superior. Desta forma, o resultado da modelagem é ilustrado na Figura 4.

Figura 4: Modelo BIM da estrutura no *Autodesk Revit*



Fonte: os autores.

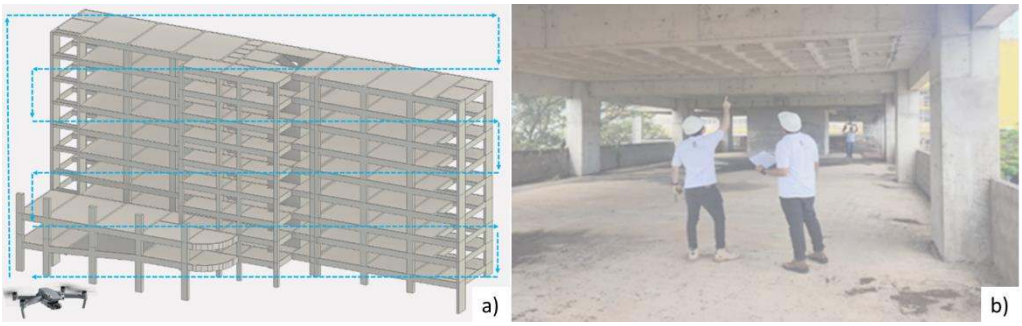
AQUISIÇÃO DE IMAGENS DO ESTADO ATUAL DA EDIFICAÇÃO

A aquisição de imagens do estado atual da edificação foi proposta em duas modalidades, visando registrar as ocorrências tanto na estrutura interna quanto na fachada. Dessa forma, a captura das imagens foi realizada externamente com o uso de drone e internamente com câmeras de aparelhos celulares. Para a captura de imagens externas, foi utilizado o drone modelo DJI AIR 2S, baseado no estudo de [24], sendo necessário apenas um voo para o registro (Figura 5a). Além de ser uma ferramenta tecnológica essencial para a inspeção de manifestações patológicas na fachada, o uso do drone também auxiliou na compreensão do projeto do Edifício Anexo para a modelagem BIM.

Além disso, foram coletadas imagens no interior dos pavimentos Térreo, Subsolos 2 e 1, Cobertura e Pavimento 5 (Tipo), utilizando câmeras de celulares (Figura 5b). O

processo de inspeção investigativa foi realizado com a autorização da IFES e incluiu equipamentos de proteção individual, em decorrência do estado da estrutura e a presença de obstáculos internos.

Figura 5: a) Trajetória de voo do drone; b) Inspeção interna utilizando câmera do celular



Fonte: os autores.

ANÁLISE DAS IMAGENS

A análise das imagens e manifestações patológicas incidentes nos elementos deste estudo foi realizada através da metodologia GDE/UnB, na qual as imagens capturadas na etapa 3, armazenadas em nuvem, foram anexadas em uma ficha em planilha já com as formulações das equações presentes na metodologia. Para cada elemento, foi atribuída uma ocorrência X, elencando as manifestações patológicas inerentes, seus Fatores de Intensidade (Fi) e demais informações. A Figura 6 ilustra a ocorrência nº 4 em um pilar P4 do pavimento Cobertura.

Figura 6: Manifestações patológicas registradas em Ocorrência de ficha de inspeção

Ocorrência nº	4			
Elemento		P4		Fotos do elemento
Família		Pilares principais		
Local		COBERTURA		
Manifestações patológicas		Fp	Fi	D
Corrosão de armadura		5	3	40
Exposição de armadura		4	4	80
		0		0
		0		0
		0		0
Grau de deterioração do elemento (Gd)		106,67		
Nível de deterioração do elemento		CRÍTICO		



Fonte: os autores.

Em geral, as manifestações patológicas evoluem e tendem a se agravar com o passar do tempo, além de acarretarem outros problemas associados ao inicial [25]. Considerando a longa exposição da estrutura a intempéries por cerca de 11 anos, foi notada uma extensa variedade e intensidade de manifestações patológicas incidentes nos elementos que as compõem, a exemplo da corrosão de armadura (Figura 7a), fissuras (Figura 7b), manchas de umidade (Figura 7c) entre outras.

Figura 7: Manifestações patológicas identificadas



Fonte: Os autores.

Conforme descrito por [19], a aplicação da metodologia resultou em um valor de 145,63 referente ao Grau de Deterioração da Estrutura, correspondendo este valor a um nível de deterioração denominado crítico. Segundo [15], os níveis de deterioração representam a situação atual da estrutura e indicam medidas de intervenção a serem tomadas, objetivando uma manutenção adequada. Assim, o método estabelece que um nível de deterioração crítico requer inspeção especial emergencial, com planejamento de intervenção imediata.

Embora o GDE seja uma informação relevante e resultado da metodologia aplicada, foram utilizados no modelo BIM apenas dados inerentes a cada elemento estrutural, com suas manifestações patológicas apresentadas, seu grau e nível de deterioração, conforme detalha as etapas posteriores.

INSERÇÃO DAS INFORMAÇÕES NO MODELO BIM

No BIM os objetos são paramétricos e inteligentes, isso significa que esses objetos já têm informações sobre si próprios, sobre o seu relacionamento com outros objetos e com o seu entorno ou ambiente no qual está inserido [26]. Para a inserção das informações de inspeção foram utilizados parâmetros de projeto - uma tipologia de informação utilizada exclusivamente dentro do projeto a ser utilizado; onde tais parâmetros podem ser utilizados em formulações e exibidos em tabelas. O Quadro 1 mostra estes parâmetros de projeto, bem como seus tipos e grupos associados.

Quadro 1: Parâmetros de projeto utilizados no modelo BIM

Parâmetro de projeto	Tipo de dados	Parâmetro de grupo sob
Título	Texto	Dados de identidade
Ocorrência	Número inteiro	Resultados da análise
Data de Inspeção	Texto	Construção
Fator de Intensidade (Fi)	Número inteiro	Resultados da análise
Fator de Ponderação (Fp)	Número inteiro	Resultados da análise
Dano (D)	Número	Resultados da análise
Grau de deterioração do elemento	Número	Resultados da análise
Nível de deterioração	Texto	Resultados da análise

Fonte: os autores.

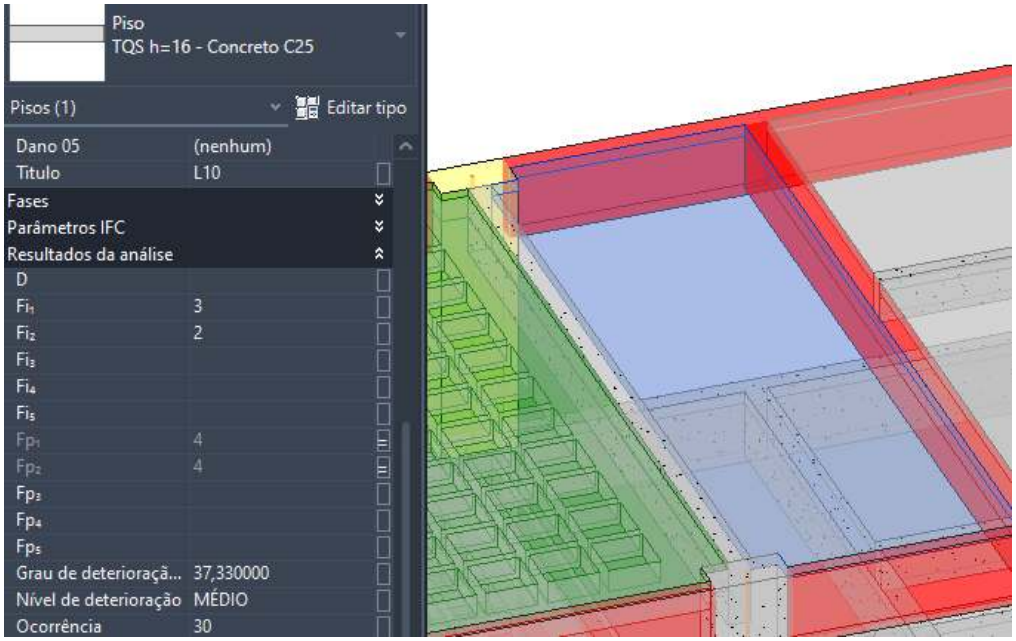
Adequando-se aos itens presentes na metodologia GDE/UnB, utilizou-se o parâmetro Ocorrência, do tipo texto, para manter a correlação exata com as ocorrências das

inspeções presentes na ficha, conforme exemplificado na Figura 6. Para nomear o elemento estrutural associado à ocorrência, conforme projeto (L1, P13 etc.), utilizou-se o parâmetro Título.

Acerca dos Fatores de Intensidade (Fi) e Fatores de Ponderação (Fp), estes foram definidos como parâmetros do tipo número inteiro, conforme a metodologia implica. Portanto, para uma laje do pavimento Cobertura, o Fi é inserido pelo usuário e o Fp é automaticamente associado, tendo seus valores pré-definidos no modelo BIM, de acordo com a maneira que a metodologia GDE/UnB atribui um Fp a cada Fi (Figura 8).

Os parâmetros “Dano” e “Nível de deterioração” são informações de saída, sendo oriundos de equações e classificação de acordo com o grau de deterioração do elemento, respectivamente. Por fim, para uma gestão temporal da manutenção, foi inserido o parâmetro Data de Inspeção para registro da mesma.

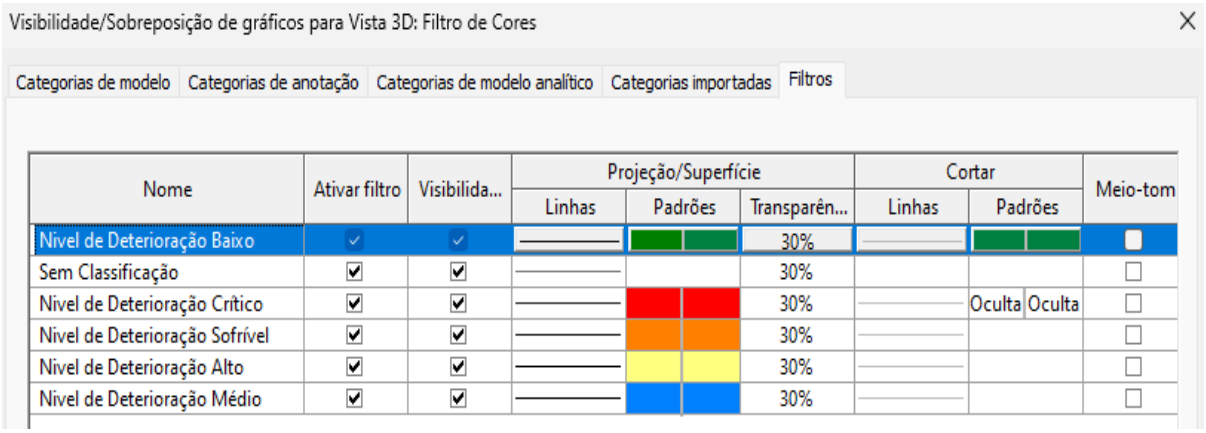
Figura 8: Fatores de Intensidade e Ponderação como parâmetros na laje L10



Fonte: os autores.

Com o objetivo de explorar a gestão visual da manutenção através do modelo BIM, foram utilizados filtros de cores em uma vista 3D de projeto. Para isto, os Níveis de deterioração do elemento, classificados de acordo com a metodologia GDE/UnB em Crítico, Sofrível, Alto, Médio e Baixo; foram associados às cores utilizadas (Figura 9).

Figura 9: Janela de filtro de cores para vista 3D no *Autodesk Revit*



Fonte: os autores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o potencial de manifestações patológicas estruturais presentes, dado o contexto de interrupção de sua construção e exposição, o Edifício Anexo à IFES mostrou-se um promissor objeto de estudo para a aplicação da incorporação de dados de manutenção a um modelo BIM. Assim, obteve-se como resultado a etapa de definição de um estudo de caso consistente, donde haveria a possibilidade de levantar dados in loco e desenvolver sua modelagem a partir dos projetos previamente fornecidos.

Como resultado da etapa de modelagem do edifício, obteve-se um modelo BIM da estrutura, em LOD 300, tendo sido representada a volumetria de todos os elementos estruturais em concreto armado constituintes do sistema estrutural da edificação. Assim, foi possível gerar um modelo base, pronto a receber parâmetros relacionados às inspeções e exploração de recursos necessários à GM.

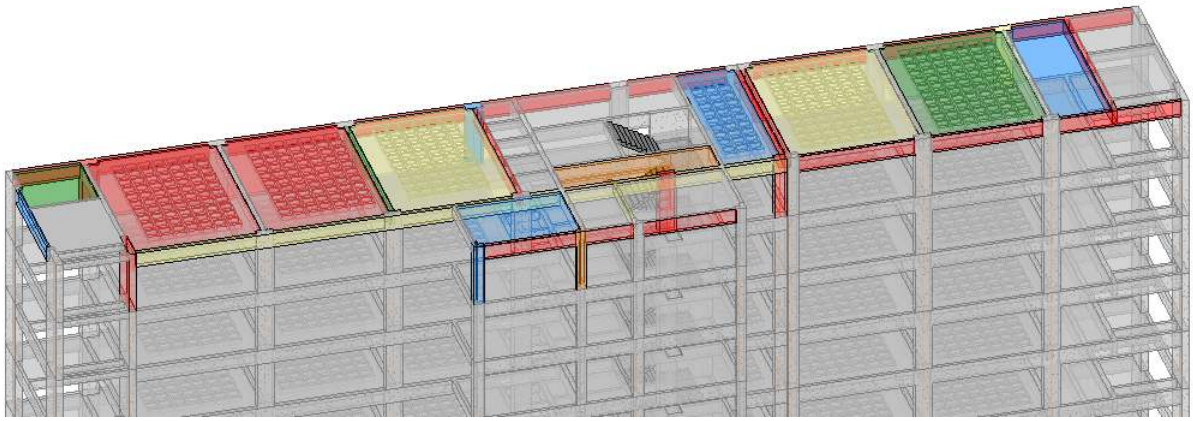
Em relação à aquisição de dados, foram coletadas 179 imagens externas da edificação com o uso de drone e, internamente, obtidas 66 imagens representativas das manifestações patológicas identificadas nos elementos estruturais ao longo dos pavimentos inspecionados. O acervo de imagens foi armazenado em nuvem para utilização na ficha de inspeção e como fonte de dados para o modelo BIM.

A etapa de análise das imagens resultou no registro de 66 ocorrências em elementos estruturais dos tipos laje, vigas e pilares; e a identificação de 15 tipos de manifestações patológicas ao longo dos pavimentos inspecionados, destacando-se patologias como Corrosão de armadura, Fissuração do concreto, Manchas de umidade e Eflorescência. A partir dos 15 tipos de manifestações patológicas e considerando suas recorrências, foram observados um total de 200 manifestações dentre as 66 ocorrências registradas.

Por fim, através da parametrização, foram inseridos dados pertencentes à metodologia GDE/UnB e manipulados no modelo BIM, incluindo classificações conforme requisitos da metodologia. Assim, foi possível utilizar um recorte da metodologia, dando enfoque os elementos estruturais isoladamente, conferindo a estes, informações relevantes para o entendimento do seu estado de degradação.

A respeito da gestão visual, com as configurações dos parâmetros de visibilidade realizadas, foi possível gerar uma vista 3D com os elementos estruturais classificados por cor, de acordo com o seu nível de deterioração associado (Figura 10).

Figura 10: Elementos filtrados por nível de deterioração no pavimento Cobertura



Fonte: os autores.

Com a inserção dos dados no modelo BIM, foi possível gerar uma tabela resumo para cada família de elemento com as informações relevantes à GM, elencando os elementos associados ao pavimento Cobertura estudado (Figura 11).

Figura 11: Tabela resumo de ocorrências na estrutura do modelo BIM

<Tabela de Vigas>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Titulo	Nivel	Ocorrência	Data de inspeção	FATORES 01 Dano 01	FATORES 02 Dano 02	FATORES 03 Dano 03	FATORES 04 Dano 04	Grau de deterioração do	Nivel de Deterioração_Fór	Nível de deterioração
V1	6° Pav/Cobertura	7	09/03/2024	Exposição de a	Falha de Concreta	Corrosão de Arma	(nenhum)	152,83	CRÍTICO	CRÍTICO
V2	6° Pav/Cobertura	17	09/03/2024	Falha de Concr	Corrosão de Arma	Exposição de arma	(nenhum)	152,83	CRÍTICO	CRÍTICO
V14	6° Pav/Cobertura	9	09/03/2024	Eflorescencia	Fissuração	Exposição de arma	Corrosão de Arma	60,39	ALTO	ALTO
V15	6° Pav/Cobertura	26	09/03/2024	Fissuração	Infiltração	Falha de Concreta	Exposição de arma	106,67	CRÍTICO	CRÍTICO
V16	6° Pav/Cobertura	18	09/03/2024	Exposição de a	Corrosão de Arma	(nenhum)	(nenhum)	124,24	CRÍTICO	CRÍTICO
V17	6° Pav/Cobertura	6	09/03/2024	Exposição de a	(nenhum)	(nenhum)	(nenhum)	32	MÉDIO	MÉDIO
V20	6° Pav/Cobertura	8	09/03/2024	Fissuração	Exposição de arma	(nenhum)	(nenhum)	8,53	BAIXO	BAIXO
V22	6° Pav/Cobertura	13	09/03/2024	Desvio de Geo	Carbonatação	Fissuração	(nenhum)	102,03	CRÍTICO	CRÍTICO
V24	6° Pav/Cobertura	17	09/03/2024	Cobrimento Defi	Carbonatação	Exposição de arma	(nenhum)	51,2	ALTO	ALTO
V29	6° Pav/Cobertura	23	09/03/2024	Exposição de a	Infiltração	Falha de Concreta	Manchas de Umida	127,35	CRÍTICO	CRÍTICO
V30	6° Pav/Cobertura	24	09/03/2024	Exposição de a	Infiltração	Falha de Concreta	Manchas de Umida	120	CRÍTICO	CRÍTICO
V33	6° Pav/Cobertura	31	09/03/2024	Falha de Concr	Exposição de arma	Fissuração	Corrosão de Arma	132,41	CRÍTICO	CRÍTICO

Fonte: os autores.

Nota-se a eficácia do método GDE/UnB ao comparar as estruturas avaliadas na literatura. O estudo de [13] relatou uma deterioração visual mais acentuada da estrutura, resultando em um nível de deterioração global mais elevado em comparação com [19]. Embora ambos os casos apresentem valores críticos, [12] observou manifestações patológicas menos intensas, com valores elevados, mas não críticos. Essa consistência nas análises, mesmo entre diferentes tipos de construções civis, reforça a confiabilidade do método, uma vez que, apesar da utilização de critérios não idênticos, os resultados convergem.

Em comparação com o estudo de [19], este trabalho avança ao integrar as informações ao modelo BIM, facilitando a GM do edifício ao longo de seu ciclo de vida. Com isso, futuros gestores terão acesso às informações coletadas por meio de inspeções,

registradas ao longo do tempo, para apoiar a gestão e conservação do ativo construído. Este estudo corrobora com os demais mencionados na seção 2, ao demonstrar a eficácia da integração de tecnologias digitais com métodos previamente validados, como o GDE/UnB.

CONCLUSÃO

Este estudo explorou o uso do BIM para integrar dados de inspeções de estruturas de concreto armado. Foram levantadas informações sobre o estado atual da estrutura por meio de inspeções visuais, e os dados obtidos foram integrados ao método GDE/UnB para avaliação do nível de gravidade da estrutura. Por fim, as informações coletadas foram inseridas no modelo BIM, utilizando parâmetros e filtros de cores nos elementos com anomalias, visando apoiar a gestão da manutenção. De maneira geral, observou-se que a utilização do BIM, como repositório dessas informações, pode ser uma excelente estratégia para garantir a preservação e integridade das edificações.

Através do BIM foi possível inserir, quase em sua totalidade, uma metodologia de análise do grau de deterioração de uma estrutura, trazendo consigo informações visuais e quantitativas, auxiliando à tomada de decisão. Em termos de nível de modelagem, o LOD 300 mostrou-se suficiente para a inserção dos dados. Observou-se também que a utilização de um protocolo adequado para aquisição de dados, tornou o processo de inserção ao modelo BIM uma tarefa menos desafiadora.

Quanto às limitações identificadas, pontua-se a impossibilidade de utilizar integralmente o modelo BIM para tratamento de todos os dados da metodologia GDE/UnB em substituição à planilha de inspeção. Assim, seria fundamental incluir as equações necessárias para os cálculos posteriores que culminam no Grau de Deterioração da Estrutura como um todo. Entretanto, houve a limitação do software nesse sentido e o trabalho restringiu-se ao incorporar alguns dados previamente calculados. Outra limitação observada foi na forma como acessar às imagens registradas nas visitas e anexadas ao respectivo elemento estrutural no Revit. Apesar de inseridas no elemento, não foi possível expandir a imagem para analisá-la.

Diante dessas limitações, pesquisas futuras podem se concentrar na utilização de artifícios dentro do Revit para a inserção de equações e realização de todos os cálculos da metodologia, bem como a possibilidade de acessar dados fotográficos das inspeções com mais clareza dentro do modelo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFBA (PRPPG), à Pró-Reitoria de Ações Afirmativas e Assistência Estudantil (PROAE) e a Pró-Reitoria de Ensino de Graduação da UFBA (PROGRAD).

REFERÊNCIAS

[1] SOUZA, V. C. de.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998.

[2] MADUREIRA, S.; FLORES-COLEN, I.; BRITO, J. de. PEREIRA, C. Maintenance planning of facades in current buildings. **Construction and Building Materials**, v. 147, p. 790-802. 2005.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-2**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 2 Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

[4] NETO, M. A. I. de B.; CONDE, J. S. V. do.; OLIVEIRA, M. C. P. de.; BORGES, R. N. R.; MACIEL, R. G. O uso do BIM na manutenção e gestão de pontes e viadutos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1–13. DOI: 10.46421/sbtic.v3i00.617. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/617. Acesso em: 8 maio. 2024.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2024.

[6] MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. **Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling (BIM)**. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/building-information-modelling-bim/24-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf. Acesso em: 7 maio. 2024.

[7] EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2. ed. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2011.

[8] SILVA, M. A. M., COUTO, J. P. BIM na Operação e Manutenção de Edifícios - Estado da Arte e Perspectivas futuras. In: PtBIM - 3º Congresso Portugues de Building Information Modelling. **Anais [...]** 2020. DOI: 10.24840/978-972-752-272-9_0537-0546. Disponível em: https://books.fe.up.pt/index.php/feup/catalog/book/978-972-752-272-9. Acesso em: 13 maio. 2024.

[9] BARRETO, P. H. N. **Um estudo do uso integrado de tecnologias BIM-FM para manutenção de edifícios históricos.** 2024. 262 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2024.

[10] AZEVEDO, V. F. B. de., ANAFARIAS, A. M. B. F. B., SANTANA, C. P. de., VASCONCELOS, B. M., CRUZ, F. M. da., MONTEIRO, E. C. B. M. Desenvolvimento de modelo BIM para inspeção de corrosão em pilares. In: CIDADES INTELIGENTES E NOVOS MODELOS INDUSTRIAIS. **Anais [...]** 2023. DOI: 10.51859/amplla.cin3224-11.

[11] EUZÉBIO, L. E. **Análise quantitativa da degradação de revestimentos de fachadas: estudo de caso em igreja na cidade de Riachão.** Monografia, Coordenação do curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Maranhão, maranhão, 2023.

[12] LIMA, H. J. N., RIBEIRO, R. S., PALHARES, R. A., MELO, G. S. S. A. (2019). **Análisis de manifestaciones patológicas del concreto en viaductos urbanos**. Revista ALCONPAT, 9 (2), pp.247 – 259, DOI: http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i2.308.

[13] FREITAS, P., NUNES, P., OMORE, A., MACHADO, M., COELHO, V., & SILVA, F. **Avaliação da degradação de estruturas de concreto: Estudo de caso em um supermercado no Bairro do Rio Vermelho.** Salvador, Bahia, 2021. DOI: https://doi.org/10.4322/conpat2021.628.

[14] KEPNER, C. H.; TREGOE, B. B. **O administrador racional: a solução de problemas e tomada de decisões, uma abordagem sistemática**. São Paulo: Atlas, 1981.

[15] CASTRO, E. K. de. **Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado.** 1994. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

[16] KLEIN, D., GASTAL, F., CAMPANOLO, J.L. & SILVA FILHO, L. C. **Critérios adotados na vistoria de obras de arte**. XXV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, pp. 185-196, Porto Alegre, 1991.

[17] FONSECA, R. P. da. **A estrutura do Instituto Central de Ciências: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e proposta de manutenção**. 2007. 213 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília 2007.

[18] VERLY, R. C. **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiai**s. Universidade de Brasília, 2015.

[19] MOURA, M. R., SILVA, R. R. da., SANTOS, F. O. dos., LIMA, A. A., SILVA, A. A. de S, SILVA, A. S. **Análise da degradação estrutural de um edifício universitário localizado em Salvador-BA através do método GDE/UnB**. Fortaleza: CBPAT, 2024.

[20] YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

[21] CORREIO. **MPF recomenda que Ufba conclua prédio anexo à Politécnica**. Jornal Correio, Salvador, 30 de outubro de 2018. Disponível em: https://www.correio24horas.com.br/salvador/mpf-recomenda-que-ufba-conclua-predio-anexo-a-politecnica-1018. Acesso em: 14 maio 2024.

[22] MOURA, M. R.; SANTOS, F. O. dos; LIMA, A. A.; SILVA, A. de S. da; MELO, R. S. S. de. Colaboração BIM em software de projetos estruturais. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 5., 2023. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–1. DOI: 10.46421/enebim.v5i00.3435.

[23] SILVA, Y. D. T. da.; GOMES, C. A. S.; SILVA, L. da C.; MELO, R. S. S. de. Project-led Education no ensino de BIM. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 2., 2019. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–1. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/enebim/article/view/251. Acesso em: 3 jul. 2024.

[24] SILVA, A. S.; GONZAGA, L. G.; MELO, R. R. S.; COSTA, D. B. Modelo de aprendizado de máquina para inspeção automatizada de fachadas de paredes de concreto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13., 2023. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–9. DOI: 10.46421/sibragec.v13i00.2618 .

[25] HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1992.

[26] CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM – Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília, 2016.