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

Investigação das aplicações do BIM na gestão da manutenção predial

Investigation of BIM applications in building maintenance management

Anderson Martins Wojciechowski
Universidade Federal de Pelotas | Pelotas | Brasil | andersoncivil3@gmail.com
Fábio Kellermann Schramm
Universidade Federal de Pelotas | Pelotas | Brasil | fabioks@ufpel.edu.br
Joshua Zambrano
Universidade Federal de Pelotas | Pelotas | Brasil | joshuazambrano1@gmail.com

Resumo

Embora as pesquisas sobre o uso da Modelagem da Informações da Construção (BIM) no Gerenciamento de Instalações tenham avançado consideravelmente nos últimos anos, há uma limitação na investigação dos potenciais do BIM para a fase de operação e manutenção (O&M), especialmente no que tange a gestão da manutenção predial. Nesse contexto, este artigo tem como objetivo identificar tendências atuais de pesquisa, lacunas e direções futuras sobre a integração do BIM na gestão da manutenção. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, que incidiu 59 artigos que evidenciam a utilização do BIM nesse contexto. A análise de conteúdo foi dividida em cinco áreas principais: estratégias de manutenção, planejamento, sistemas de gerenciamento de informações, tecnologias e inovação, e requisitos de informação para manutenção. Os resultados revelam um amplo espectro de aplicações, porém, ainda em um estágio inicial de pesquisa. Conclui-se, portanto, que a aplicação do BIM na gestão da manutenção ainda está emergente, destacando a necessidade de mais estudos que abordem a realização de valor na esfera de estudo.

Palavras-chave: Modelagem da Informação da Construção (BIM). Gestão da manutenção. Gerenciamento de instalações (FM). Operação e manutenção (O&M). Manutenção predial.

Abstract

Although research on the use of Building Information Modeling (BIM) in Facility Management has advanced considerably in recent years, there is a limitation in investigating the potential of BIM for the operation and maintenance (O&M) phase, especially concerning building maintenance management. In this context, this article aims to identify current research trends, gaps, and future directions regarding the integration of BIM into maintenance management. For this purpose, a systematic literature review was conducted, which included 59 articles demonstrating the use of BIM in this context. Content analysis was divided into five main areas: maintenance strategies, planning, information management systems, technologies and innovation, and information requirements for maintenance. The results reveal a wide spectrum of applications, yet still in a nearly stage of research. Therefore, it is concluded that the application of BIM in maintenance management is still emerging, high lighting the need for further studies addressing value realization in the field of study.

Como citar:
WOJCIECHOWSKI, A. M. et al. Investigação das aplicações do BIM na gestão da manutenção predial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

Keywords: Building information modeling (BIM). Maintenance management.Facility management (FM).Operation and maintenance (O&M). Building maintenance.

INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) tem desempenhado um papel importante na transformação de como as instalações são concebidas e gerenciadas, possibilitando a entrega de projetos com maior qualidade e menor custo [1]. Os benefícios apresentados pelo BIM nas diversas fases do ciclo de vida das edificações contribuíram para sua disseminação ao longo dos anos, impulsionando o avanço tecnológico na indústria da construção civil [2].

No entanto, o atual foco do BIM no setor está majoritariamente direcionado para soluções técnicas e otimização de custos durante as fases de projeto e construção [3], [4]. Esta concentração de esforços e dos investimentos por parte dos proprietários dos edifícios se deve ao fato de que essas fases tendem a ter uma duração mais curta, sendo melhor percebido os seus benefícios [1].

Embora as vantagens geradas pela aplicação do BIM durante as fases de projeto e construção sejam facilmente percebidas e quantificadas, torna-se necessário ampliar as investigações associadas ao seu uso na fase de operação e manutenção (O&M) das edificações [3], [5]. Isso porque a fase de O&M tende ser a mais longa, abrangendo atividades vitais para garantir a preservação e o bom funcionamento dos edifícios, influenciando diretamente no retorno do investimento [3], [5]-[7]. Na academia também se apresenta como uma área de pesquisa emergente, uma vez que, grande parte dos estudos também se concentra nas fases de projeto e construção [3], [4], [8], [9].

Dentre as áreas que fazem parte da fase de operação e manutenção de uma edificação, os estudos estão concentrados principalmente no Gerenciamento das Instalações (FM), cuja missão é manter e melhorar continuamente as instalações [10]. O FM se caracteriza por ser um processo abrangente que engloba diversas atividades e competências, e demanda uma ampla gama de critérios provenientes de diferentes fontes de dados, como das atividades atreladas a manutenção [10], [11].

A integração do BIM com as práticas de FM pode contribuir tanto como fonte de dados, como repositório de informações, apoiando o planejamento e gerenciamento das atividades de manutenção predial em edifícios novos ou existentes [12], [13]. Dentre as atividades que compõem o Gerenciamento das Instalações, a gestão da manutenção ganha destaque, principalmente pelo fato de que os custos associados ao processo de manutenção predial representam mais de 65% dos custos totais incorridos pelas operações de FM [8], [14]. Ausência de estratégias eficientes e a tomada de decisões inadequadas na gestão da manutenção resultam no aumento dos custos associados ao FM [14], [15].

O BIM para FM oferece aos gerentes de instalações um meio relevante para recuperar informações de um modelo digital que representa com precisão a instalação física, além de garantir a cooperação entre os especialistas envolvidos nas diversas fases do

ciclo de vida do edifício [16], [17]. Seus recursos, como repositório de dados, potencializam a gestão da manutenção por meio da organização, planejamento, integração e estruturação das informações a serem utilizadas pela equipe de operação e manutenção [18] [19].

Além de fornecer um banco de dados para tomada de decisão baseada em informação, o BIM também possibilita a inserção de registro histórico integrado, onde a equipe de gerenciamento pode identificar antecedentes de trabalhos realizados em qualquer seção do edifício, aumentando a eficácia da manutenção [20]. Essas evidências destacam a relevância e a necessidade de avanços nos estudos sobre o uso do BIM para a gestão da manutenção de edifícios, dada sua importância no ciclo de vida do ambiente construído.

O objetivo desta pesquisa é utilizar uma abordagem sistemática para fornecer informações valiosas sobre a literatura atual relacionada ao BIM na gestão da manutenção de edifícios durante a fase de O&M. O estudo apresenta inicialmente uma descrição do método de pesquisa adotado para a Revisão Sistemática de Literatura (RSL), após é revelando os principais resultados que serão abordados em duas seções distintas. A primeira seção trata de uma análise bibliométrica dos resultados da pesquisa, oferece uma visão quantitativa. Na segunda seção, é apresentado uma análise de conteúdo aprofundada das integrações entre o BIM e a gestão da manutenção, destacando as estratégias de manutenção, questões de planejamento e controle, os sistemas de gerenciamento de informações, as principais tecnologias e inovação observadas, e requisitos de informação para potencializar a gestão da manutenção. Por fim, o estudo apresenta considerações finais para resumir as principais discussões, conclusões e contribuições para o conhecimento.

MÉTODO DE PESQUISA

Este estudo visa facilitar o entendimento referente a integração do BIM na gestão da manutenção. Para alcançar o objetivo desta pesquisa, aplicou-se uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL). A RSL, definida como um tipo de pesquisa que utiliza métodos sistemáticos, explícitos e contábeis para identificar, avaliar e interpretar toda a pesquisa relevante disponível sobre um tema específico [21].

Neste artigo foram analisados estudos relacionados à aplicação do BIM na gestão da manutenção predial de 2008 a 2022, utilizando abordagens quantitativas e qualitativas. A escolha do intervalo temporal foi baseada em uma análise prévia de estudos na área, visando fornecer um contexto histórico e permitir uma investigação abrangente das pesquisas disponíveis e dos avanços alcançados nesse campo. A RSL foi conduzida seguindo a metodologia dos Itens de Relatório Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA) implementação.

Na primeira fase foi realizando o planejamento das buscas, onde foram definidos objetivos, palavras-chave, critérios de inclusão/exclusão e bases de dados. Para maximizar a abrangência, diversas bases foram exploradas, incluindo ACM Digital Library (ACM), ASCE Library (ASCE), Emerald (EM), Engineering Village (EV), IEEE Digital

Library (IEEE), SciELO (Sci), Science Direct (SD), Scopus (SC), Springer Link (SL), Taylor & Francis (T&F) e Web of Science (WoS).

As palavras-chave e operadores booleanos adotados foram: (“BIM” OR “Building Information Model*”) AND (“Facilit* Maintenance” OR “Building Maintenance”). Essas strings foram usadas para realizar buscas nos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos, resultando em 713 artigos recuperados.

Na segunda fase ocorreu a triagem dos estudos de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, com 621 artigos descartados após a leitura dos títulos, sendo 90 duplicados, 393 não revisados por pares e 138 não relacionados ao BIM na gestão da manutenção. Os títulos cuja a análise mostrou-se inconclusiva tiveram seus resumos lidos integralmente antes de serem descartados.

Dos 92 restantes, após leitura dos abstracts, 66 foram aceitos, lidos integralmente e avaliados, resultando em 59 artigos elegíveis, classificados como amostra definitiva para dar continuidade à pesquisa, conforme apresentado no Tabela 1.

Tabela 1: Número de artigos por critérios de seleção

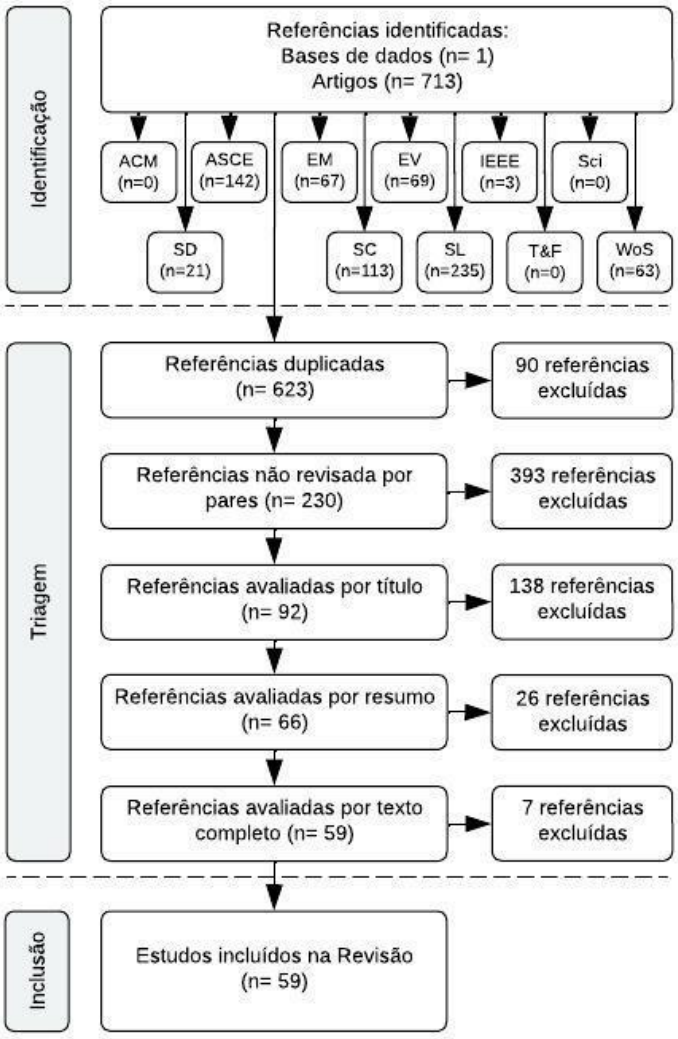
Bases	Artigos			Critérios de exclusão			
	Obtidos	Rejeitados	Aceitos	Outro idioma	Não revisado por pares	Não abordava o tema	Duplicados
ACM	-	-	-	-	-	-	-
ASCE	142	133	9	-	76	54	3
Emerald	67	53	14	-	-	47	6
Engineering Village	69	67	2	2	39	2	24
IEEE	3	3	-	-	3	-	-
SciELO	-	-	-	-	-	-	-
Science Direct	21	13	8	-	1	12	-
Scopus	113	106	7	2	54	7	43
Springer Link	235	229	6	-	197	30	2
Taylor & Francis	-	-	-	-	-	-	-
Web of Science	63	50	13	-	23	15	12
Total	713	654	59	4	393	167	90

Fonte: os autor.

A terceira fase envolveu a inclusão dos 59 artigos em uma síntese qualitativa e quantitativa. Os resultados foram documentados criticamente nas seções de

Resultados e Discussões. Todo o processo de seleção e suas etapas são apresentados no fluxograma do PRISMA Figura 1.

Figura 1: Fluxograma da metodologia de pesquisa (PRISMA)



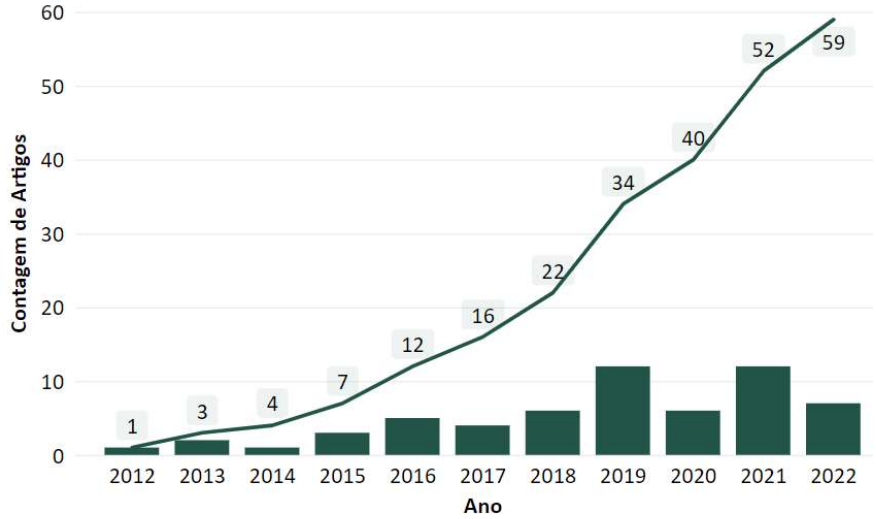
Fonte: os autores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Os resultados da análise bibliométrica indicam que o primeiro estudo abordando o BIM na gestão da manutenção foi publicado em 2012. A Figura 2 ilustra o crescimento contínuo na taxa de publicação de artigos de 2012 até junho de 2022. Destaca-se um aumento significativo na quantidade de trabalhos publicados nos últimos cinco anos, totalizando 37 artigos (63% do total). Esses resultados sugerem que a integração do BIM na gestão da manutenção permanece em pauta, evidenciando sua relevância, apesar de ainda não ser amplamente difundido.

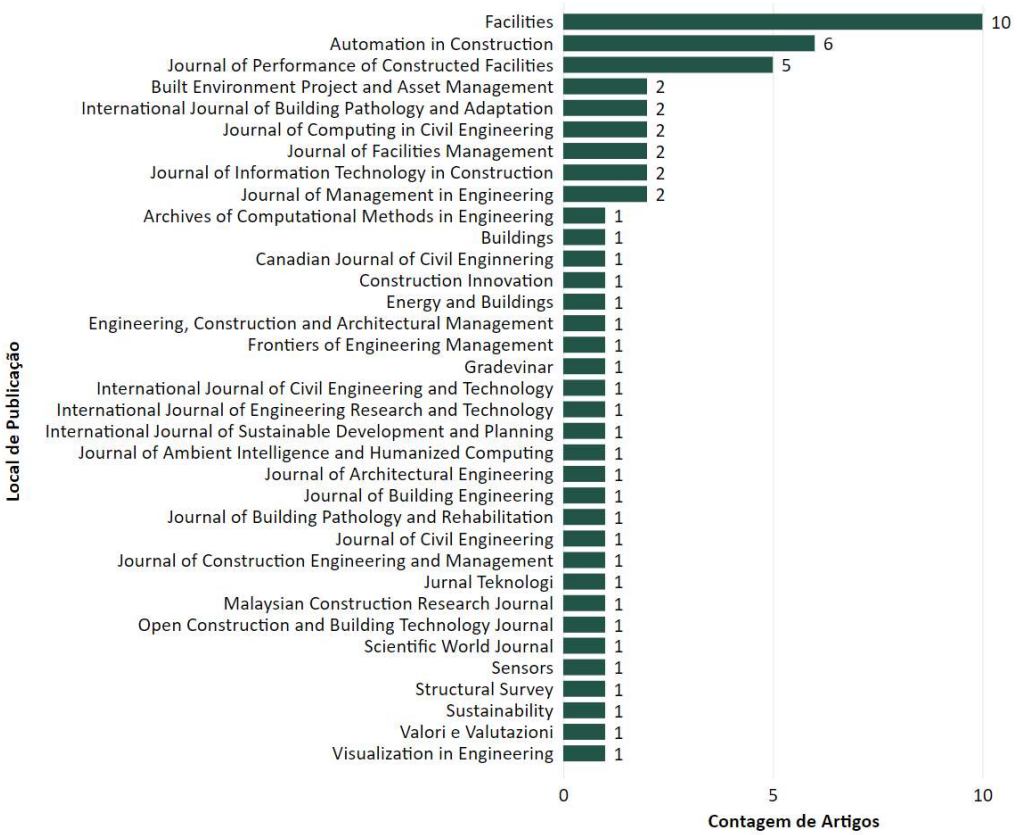
Figura 2: Número de artigos publicados por ano



Fonte: os autores.

Seguindo os critérios estabelecidos para a busca, observou-se que a revista "*Facilities*" apresentou o maior volume de publicações na área de pesquisa, com 10 artigos dos 59 selecionados para este estudo. Em seguida, as revistas "*Automation in Construction*" e "*Journal of Performance of Constructed Facilities*" contribuíram com 6 e 5 artigos, respectivamente. Esses três principais periódicos representam quase 36% do número total de publicações. A Figura 3 apresenta outras revistas acadêmicas que contêm artigos obtidos esta RSL.

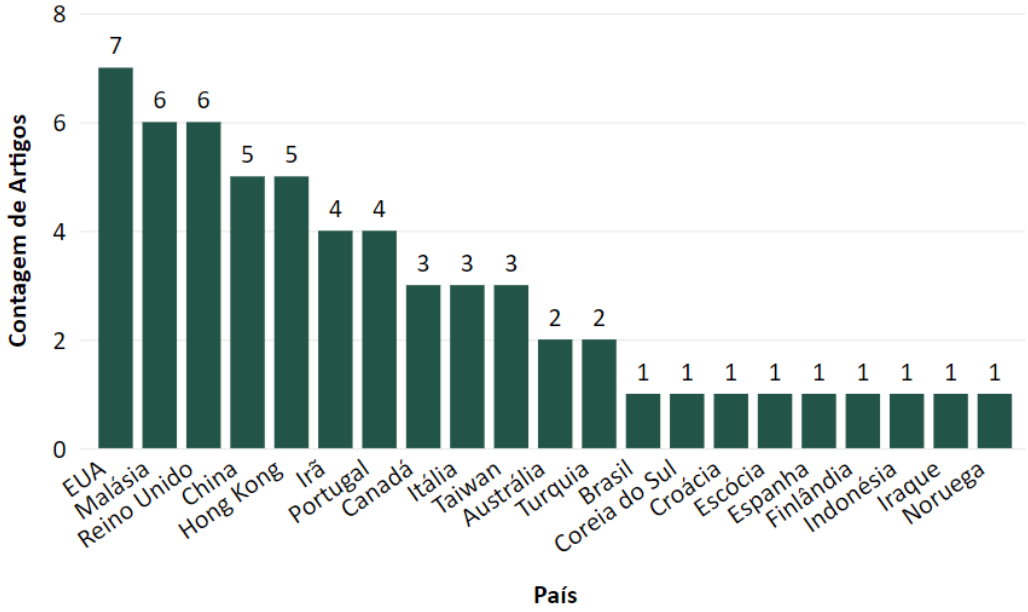
Figura 3: Visão geral das publicações por periódico



Fonte: os autores.

A análise bibliométrica ainda revela que os artigos revisados têm origem principalmente nos Estados Unidos (7), Malásia (6), Reino Unido (6), China (5) e Hong Kong (5), como demonstrado na Figura 4.

Figura 4: Publicações distribuídas por países



Fonte: os autores.

ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO

A revisão sistemática buscou investigar estratégias de manutenção fazendo uso do BIM, com foco em apoiar decisões relacionadas à gestão da manutenção predial. No traçado de estratégias para manutenção, o BIM facilita a tomada de decisão antecipada, por possibilitar prever as condições futuras das instalações, e assim preparar os materiais e ferramentas necessárias para a manutenção com antecedência [22].

A utilização do BIM para potencializar o processo de manutenção está ligada a organização de recursos podendo lidar com os problemas de manutenção e obter o máximo de benefícios do investimento, itens que beneficiam a decisão gerencial sobre a manutenção das instalações podendo traçar as melhores estratégias, a priorização de manutenção, o agendamento de ordens de serviço, entre outros [23].

A integração do BIM na gestão da manutenção aumenta a eficiência da manutenção e apoia as tomadas de decisões baseadas em conhecimento, pois no modelo podem ser integradas informações sobre defeitos nos componentes prediais, recursos necessários para as tarefas de manutenção, custos esperados, dados históricos de qualquer seção do edifício, potencializando a determinação da melhor estratégia de manutenção e a deliberação das atividades de forma assertiva [20].

Para priorização da manutenção dos componentes de edificações, métodos analíticos podem ser utilizados de forma associada a modelos BIM [24], [25]. Para definir estratégias de manutenção, algoritmos de aprendizado de máquina são utilizados para

prever a condição futura de equipamentos diretamente no modelo BIM, auxiliando os gerentes das instalações no processo de decisão sobre as ações apropriadas e as prioridades de manutenção, como é o caso das redes neurais artificiais (ANN) e cadeias de Markov (SVM) [22]. Indicadores Chave de Desempenho também podem ser utilizados no BIM como ferramenta de suporte na avaliação das condições do edifício e no gerenciamento de manutenção, facilitando as tomadas de ações e as prioridades de manutenção [10].

O BIM também desempenha um papel nas decisões de priorização de ordens de serviço, sendo aplicado como um banco de dados de manutenção integrado em equipamentos, auxiliando no agendamento visando priorizar e sequenciar ordens de serviço e um módulo de simulação 4D para visualizar o processo de manuseio de ordens de serviço de forma semiautomática [19].

PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO

A revisão sistemática buscou investigar como o BIM pode apoiar decisões relacionadas à gestão da manutenção predial, também na área do planejamento da manutenção. Planejar e controlar os processos de manutenção representa um ponto importante para atingir o máximo potencial da edificação na fase de O&M.

O BIM pode contribuir como fonte dados ou repositório de informações, apoiando o planejamento e gerenciamento das atividades de manutenção predial em edifícios novos ou existentes [13]. O modelo BIM associado a um banco de dados rico em conhecimento, tornando-o adequado para servir como fonte consulta no planejamento da manutenção [26].

A capacidade de armazenamento de dados durante o ciclo de vida de um projeto, no âmbito do planejamento da manutenção, auxilia na busca por soluções para prevenção de defeitos gerando benefícios econômicos e na tomada de decisão antecipada [27], [28]. Os recursos do BIM têm o potencial de minimizar o tempo gasto com atividades não produtivas durante as ações de manutenção [29].

O BIM possibilita, assim, um planejamento mais eficiente com base em métodos e técnicas para prever incertezas, incluindo prazos e custos de manutenção da estrutura do edifício durante esta etapa [30]. O sucesso das estratégias de manutenção está associado diretamente ao planejamento da manutenção baseada em informações, podendo ser alcançado com tecnologias BIM para gerenciamento de manutenção de instalações [22].

SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE INFORMAÇÃO

Os resultados da revisão também revelaram estudos que focam em aspectos relacionados ao gerenciamento de informações de manutenção fazendo uso do BIM.

No que diz respeito ao compartilhamento de informação, estudos mencionam que o BIM potencializa o fluxo de conhecimento que irá suprir a demanda do FM [12], [18], [31]. Os modelos gerados podem ser integrados com sistemas de gerenciamento de

manutenção das instalações (FMM) de forma automatizada, possibilitando salvar as informações de manutenção em seu banco de dados local, este processo elimina os esforços e erros envolvidos na reinserção de dados, principalmente se houver uma captação automática [32].

A centralização das informações no modelo possibilita um melhor entendimento, a troca dinâmica e atualização de dados de construção [33]. O BIM permite o desenvolvimento de um modelo integrado de compartilhamento de conhecimento auxiliando no fluxo de informação [34]. Embora sejam apresentados seus benefícios, questões correlacionadas ao compartilhamento de informações este processo ainda não é largamente aplicado na fase de O&M, principalmente por apresentarem entraves correlacionados à interoperabilidade.

REQUISITOS DE INFORMAÇÃO PARA MANUTENÇÃO

Melhorar a gestão da manutenção por meio da utilização de requisitos de informação é outra área de pesquisa emergente no domínio das integrações BIM na fase de O&M.

Para garantir a eficácia do BIM no processo de manutenção das instalações, torna-se necessário identificar os requisitos de informações não geométricas necessários para apoiar a implementação eficiente [18]. Isso possibilita identificar o fluxo de trabalho para capturar, validar, recuperar e documentar essas informações, com foco nas entregas finais para operação e manutenção das edificações, fornecendo conteúdo adequado e no formato desejado [12], [18].

A definição de um formato de dados uniforme e a padronização dos requisitos semânticos dão apoio às tarefas de manutenção [12], [30]. Manter um padrão dos requisitos garantem a alta interoperabilidade entre diferentes softwares BIM, gerando um fluxo de informação sustentável, mantendo a consistência da informação entre a fase de manutenção com as fases de projeto e construção [30].

Definir um conjunto claro e padrão dos requisitos de informação comuns para operação e manutenção de uma instalação vêm contornar questões correlacionadas à ausência de informações para dar suporte na tomada de decisão baseada em dados ou excesso de informações que tendem a sobrecarregar o modelo, impactando negativamente na eficiência das tarefas e dificultando a organização [35], [27], [36].

TECNOLOGIAS E INOVAÇÃO

A utilização de novas tecnologias e técnicas avançadas de inovação possibilitam a evolução da construção civil, com potencial significativo de aplicação na gestão da manutenção predial. A aplicação do BIM no processo de manutenção, quando atrelado ao uso de novas tecnologias, abre a possibilidade para a obtenção de informações em tempo real, possibilitando melhorar a comunicação entre os atores envolvidos no processo fornecendo suporte para melhores decisões [33].

A associação do BIM a tecnologias emergentes como sensores inteligentes, dispositivos pessoais e sistema que utilizam a IoT proporciona a centralização,

padronização e integração de conhecimento de forma informatizada, resultando em maior qualidade e acessibilidade às informações relevantes, potencializando a eficiência do processo de manutenção [9].

Sua aplicação vinculada a realidade aumentada também representa um avanço tecnológico, possibilitando o reconhecimento e a localização de instalações que necessitam de manutenção, servindo também como fonte de dados para melhorar a eficiência do processo e a colaboração entre usuários e instalações de forma instantânea [37].

Isso se deve principalmente ao advento do Digital Twin, que faz uso da arquitetura integrada do BIM e da Internet das Coisas (IoT) para a representação digital em tempo real da instalação, possibilitando o acesso aos seus dados operacionais de forma instantânea, elevando a capacidade de monitoramento do desempenho da edificação e da garantia de operação dos sistemas [38]. No Digital Twin, o BIM serve como uma plataforma que potencializa os benefícios atrelados ao processo de tomada de decisão na gestão da manutenção, e preenche lacunas entre as relações humanas com os edifícios, garantindo a manutenção imediata [39], [40], [41].

Avanços acontecem também integração do BIM com os sistemas de gerenciamento de manutenção computadorizados (CMMS), essa sinergia entre as ferramentas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) facilita a transferência de conhecimento, visando maior eficácia nas práticas de gerenciamento da manutenção [42]. A adoção de soluções tecnológicas mais sofisticadas, baseadas em TIC (BIM e CMMS), tem o potencial de aprimorar o desempenho e a produtividade do processo de manutenção predial [43].

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo realizou uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de analisar o uso do BIM no processo de gestão da manutenção de edifícios. Através da aplicação de procedimentos técnicos, empregando a abordagem PRISMA, a pesquisa bibliográfica resultou em uma amostra de 59 trabalhos publicados no período de 15 anos (2008-2022).

A busca pelo aumento do desempenho e da longevidade de edifícios, a aplicação do BIM oferece uma oportunidade de potencializar o processo de gestão manutenção predial, servindo como um repositório tridimensional e unificado de informações.

No entanto, os resultados destacam que o uso do BIM para gerir a manutenção predial ainda é conceito pouco explorado e as pesquisas nessa área encontram-se em estágio inicial, com uma concentração maior nos últimos quatro anos de analise (42%), mas também apresenta-se como uma área promissora para futuras investigações. Os resultados demonstram ainda a baixa quantidade de trabalhos publicados em periódicos por autores da brasileiros, sendo apenas um artigo selecionado nesta pesquisa.

A análise de conteúdo revelou cinco áreas principais para adoção do BIM na gestão da manutenção sendo: estratégias de manutenção, planejamento, sistemas de gerenciamento de informações, tecnologias e inovação, e requisitos de informação para manutenção. A maior parte da pesquisa estão associadas ao avanço e exploração de novas tecnologias associadas ao BIM.

O escopo desta pesquisa concentrou-se na gestão da manutenção predial associada ao BIM, outros estudos de revisão devem ampliar a abordagem para outros efeitos do uso do BIM para operação e manutenção das edificações, fornecendo uma visão mais abrangente dos estudos existentes, explorando os avanços e as contribuições relevantes neste contexto.

Com base no exposto, fica evidente a existência de lacunas de conhecimento na gestão da manutenção utilizando o BIM. Este estudo pode fornecer aos profissionais de BIM, que focalizam seus esforços na fase de O&M das edificações, informações valiosas sobre estudos semelhantes na área, fornecendo-lhes os meios e planos de orientação para integrar o BIM na gestão da manutenção.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

[1] ABIDEEN, D. K.; YUNUSA-KALTUNGO, A.; MANU, P.; CHEUNG, C. A systematic review of the extent to which BIM is integrated into operation and maintenance. **Sustainability**, [S. l.], v. 14, n. 14, p. 8692, jul. 2022. DOI: 10.3390/SU14148692.

[2] MENG, Q. *et al*. A review of integrated applications of BIM and related technologies in whole building life cycle. **Engineering, Construction and Architectural Management**, [S. l.], v. 27, n. 8, p. 1647–1677, out. 2020. DOI: 10.1108/ECAM-09-2019-0511.

[3] GAO, X.; PISHDAD-BOZORGI, P. BIM-enabled facilities operation and maintenance: A review. **Advanced Engineering Informatics**, [S. l.], v. 39, p. 227–247, jan. 2019. DOI: 10.1016/J.AEI.2019.01.005.

[4] GODAGER, B.; ONSTEIN, E.; HUANG, L. The concept of enterprise BIM: current research practice and future trends. **IEEE Access**, [S. l.], v. 9, p. 42265–42290, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3065116.

[5] KENSEK, K. BIM guidelines inform facilities management databases: A case study over time. **Buildings**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 899–916, ago. 2015. DOI: 10.3390/BUILDINGS5030899.

[6] CRAWFORD, R. H. **Life cycle assessment in the built environment**. 1. Ed. London: Taylor and Francis, 2011. 272 p.

[7] NGWEPE, L.; AIGBAVBOA, C. A theoretical review of building life cycle stages and their related environmental impacts. 2016. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/54198925.pdf. Acesso em: 12 abril 2023.

[8] SACKS, R.; EASTMAN, C.; LEE, G.; TEICHOLZ, P. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2018.

[9] GALIANO-GARRIGÓS, A.; ANDÚJAR-MONTOYA, M. D. Building information modelling in operations of maintenance at the university of Alicante. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 1–11, jan. 2018. DOI: 10.2495/SDP-V13-N1-1-11.

[10] MATOS, R.; RODRIGUES, F.; RODRIGUES, H.; COSTA, A. Building condition assessment supported by building information modelling**. Journal of Building Engineering**, [S. l.], v. 38, p. 102186, jun. 2021. DOI: 10.1016/J.JOBE.2021.102186.

[11] MARMO, R.; POLVERINO, F.; NICOLELLA, M.; TIBAUT, A. Building performance and maintenance information model based on IFC schema. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 118, p. 103275, out. 2020. DOI: 10.1016/J.AUTCON.2020.103275.

[12] SADEGHI, M.; ELLIOTT, J. W.; MEHANY, M. H. Information-augmented exchange objects to inform facilities management BIM guidelines: introducing the level of semantics schema**. Journal of Facilities Management**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 260-281, mar. 2023. DOI: 10.1108/JFM-04-2021-0044/FULL/XML.

[13] VOLK, R.; STENGEL, J.; SCHULTMANN, F**.** Building information modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs**. Automation in Construction**, [S. l.], v. 38, p. 109–127, mar. 2014. DOI: 10.1016/J.AUTCON.2013.10.023.

[14] CHEN, W.; CHEN, K.; CHENG, J. C. P.; WANG, Q. BIM-based framework for automatic scheduling of facility maintenance work orders**. Automation in Construction**, [S. l.], v. 91, p. 15–30, jul. 2018. DOI: 10.1016/J.AUTCON.2018.03.007.

[15] LIN, Y. C.; SU, Y. C. Developing mobile- and BIM-based integrated visual facility maintenance management system**. The Scientific World Journal**, [S. l.], v. 2013, out. 2013. DOI: 10.1155/2013/124249.

[16] CERIĆ, A.; ZAVRŠKI, I.; VUKOMANOVIĆ, M.; IVIĆ, I.; NAHOD, M. M. BIM implementation in building maintenance management. **Građevinar**, [S. l.], v. 71, n. 10, p. 889–900, out. 2019. DOI: 10.14256/JCE.2730.2019.

[17] TEICHOLZ, P. **BIM for facility managers**. 1. ed. Hoboken: Wiley, 2013.

[18] MATARNEH, S. T.; DANSO-AMOAKO, M.; AL-BIZRI, S.; GATERELL, M.; MATARNEH, R. T. BIM for FM: Developing information requirements to support facilities management systems. **Facilities**, v. 38, n. 5–6, p. 378–394, mar. 2020. DOI: 10.1108/F-07-2018-0084/FULL/PDF.

[19] KAMAL, Z.; TAGHADDOS, H.; KARIMI, H. BIM-based maintenance management system for healthcare facilities. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 35, n. 4, p. 04021036, jun. 2021. DOI: 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001604.

[20] OMAR, N. S.; HATEM, W. A.; NAJY, H. I. Developing of building maintenance management by using BIM. **International Journal of Civil Engineering and Technology**, [S. l.], v. 9, n. 11, p. 1371–1383, 2018.

[21] GOUGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. **An introduction to systematic reviews**. 2. ed. London: Sage Publishing, 2017.

[22] CHENG, J. C. P.; CHEN, W.; CHEN, K.; WANG, Q. Data-driven predictive maintenance planning framework for MEP components based on BIM and IoT using machine learning algorithms. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 112, p. 103087, abr. 2020. DOI: 10.1016/J.AUTCON.2020.103087.

[23] MA, Z.; REN, Y.; XIANG, X.; TURK, Z. Data-driven decision-making for equipment maintenance. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 112, p. 103103, abr. 2020. DOI: 10.1016/J.AUTCON.2020.103103.

[24] LEE, P. C.; XIE, W.; LO, T. P.; LONG, D.; TANG, X. A Cloud Model-based Knowledge Mapping Method for Historic Building Maintenance based on Building Information Modelling and Ontology. **KSCE Journal of Civil Engineering**, [S. l.], v. 23, n. 8, p. 3285–3296, jul. 2019. DOI: 10.1007/S12205-019-2457-0.

[25] WANG, T.-K.; PIAO, Y. Development of BIM-AR-Based Facility Risk Assessment and Maintenance System. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, [S. l.], v. 33, n. 6, p. 04019068, set. 2019. DOI: 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0001339.

[26] SAMPAIO, A. Z.; SIMÕES, D. Maintenance of Buildings Using BIM Methodology. **The Open Construction & Building Technology Journal**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 337–342, dez. 2014. DOI: 10.2174/1874836801408010337.

[27] MAYO, G.; ISSA, R. R. A. Nongeometric Building Information Needs Assessment for Facilities Management. **Journal of Management in Engineering**, [S. l.], v. 32, n. 3, p. 04015054, dez. 2015. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000414.

[28] ESKANDARI, N.; NOORZAI, E. Offering a preventive solution to defects in commercial building facility system using BIM. **Facilities**, [S. l.], v. 39, n. 13–14, p. 859–887, out. 2021. DOI: 10.1108/F-04-2020-0037/FULL/XML.

[29] SHALABI, F.; TURKAN, Y. IFC BIM-Based Facility Management Approach to Optimize Data Collection for Corrective Maintenance. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 04016081, jul. 2016. DOI: 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000941.

[30] CHEN, C.; TANG, L. BIM-based integrated management workflow design for schedule and cost planning of building fabric maintenance. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 107, p. 102944, nov. 2019. DOI: 10.1016/J.AUTCON.2019.102944.

[31] ZHAN, J.; GE, X. J.; HUANG, S.; ZHAO, L.; WONG, J. K. W.; HE, S. X. J. Improvement of the inspection-repair process with building information modelling and image classification. **Facilities**, [S. l.], v. 37, n. 7–8, p. 395–414, abr. 2019. DOI: 10.1108/F-01-2018-0005/FULL/PDF.

[32] SHEN, W.; HAO, Q.; XUE, Y. A loosely coupled system integration approach for decision support in facility management and maintenance. **Automation in Construction**, [S. l.], v. 25, p. 41–48, ago. 2012. DOI: 10.1016/J.AUTCON.2012.04.003.

[33] MORENO, J. V.; MACHETE, R.; FALCÃO, A. P.; GONÇALVES, A. B.; BENTO, R. Dynamic Data Feeding into BIM for Facility Management: A Prototype Application to a University Building. **Buildings**, [S. l.], v. 12, p. 645, maio 2022. DOI: 10.3390/BUILDINGS12050645.

[34] TAN, A. Z. T.; ZAMAN, A.; SUTRISNA, M. Enabling an effective knowledge and information flow between the phases of building construction and facilities management. **Facilities**, [S. l.], v. 36, n. 3–4, p. 151–170, 2018. DOI: 10.1108/F-03-2016-0028/FULL/PDF.

[35] KAMELI, M.; HOSSEINALIPOUR, M.; MAJROUHI SARDROUD, J.; AHMED, S. M.; BEHRUYAN, M. Improving maintenance performance by developing an IFC BIM/RFID-based computer system. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 3055–3074, ago. 2020. DOI: 10.1007/S12652-020-02464-3.

[36] CAVKA, H. B.; STAUB-FRENCH, S.; POIRIER, E. A. Levels of BIM compliance for model handover. **ITcon**, [S. l.], v. 23, p. 243–258, nov. 2018. Disponível em: http://www.itcon.org/paper/2018/12. Acesso em: 16 setembro 2022.

[37] CHEN, K.; CHEN, W.; FELLOW, P.; LI, C. T.; STUDENT, M.; CHENG, J. C. P. A BIM-based location aware AR collaborative framework for facility maintenance management. **ITcon**, [S. l.], v. 24, p. 360–380, jul. 2019. Disponível em: http://www.itcon.org/paper/2019/19. Acesso em: 16 setembro 2022.

[38] HOSAMO, H. H.; SVENNEVIG, P. R.; SVIDT, K.; HAN, D.; NIELSEN, H. K. A Digital Twin predictive maintenance framework of air handling units based on automatic fault

detection and diagnostics. **Energy and Buildings**, [S. l.], v. 261, p. 111988, abr. 2022. DOI: 10.1016/J.ENBUILD.2022.111988.

[39] WEN, Y.; TANG, L. C. M.; HO, D. C. W. A BIM-based space-oriented solution for hospital facilities management. **Facilities**, [S. l.], v. 39, n. 11–12, p. 689–702, 2020. DOI: 10.1108/F-10-2019-0105/FULL/PDF.

[40] LU, Q.; KAM, C.; LI, C.; LI, Q. Developing a Digital Twin at Building and City Levels: Case Study of West Cambridge Campus. **Journal of Management in Engineering**, [S. l.], v. 36, n. 3, p. 05020004, mar. 2020. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000763.

[41] HALMETOJA, E. The conditions data model supporting building information models in facility management. **Facilities**, [S. l.], v. 37, n. 7–8, p. 484–501, abr. 2019. DOI: 10.1108/F-11-2017-0112/FULL/PDF.

[42] ISMAIL, Z. A. Implementation of BIM technology for knowledge transfer in IBS building maintenance projects. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, [S. l.], v. 39, n. 1, p. 115–134, fev. 2021. DOI: 10.1108/IJBPA-02-2018-0022/FULL/PDF.

[43] ISMAIL, Z. A. Towards a BIM-based approach for improving maintenance performance in IBS building projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, [S. l.], v. 28, n. 5, p. 1468–1490, 2020. DOI: 10.1108/ECAM-07-2020-0508/FULL/PDF.