

O BIM COMO INSTRUMENTO PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO DE EDIFICAÇÕES: UM PANORAMA ATUAL

BIM AS A TOOL FOR BUILDING MAINTENANCE AND OPERATION MANAGEMENT: A CURRENT OVERVIEW

BIM COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE EDIFICIOS: UN PANORAMA ACTUAL

Claudia Rafaela Saraiva de Melo Simões Nascimento ¹, Gabriela Alves Tenório de Moraes ¹, Rachel Perez Palha ¹, Anísio Brasileiro de Freitas Dourado ¹, Maurício de Oliveira Andrade ¹

RESUMO:

Este artigo discute as contribuições e dificuldades do uso do Building Information Modeling (BIM) para Operação e Manutenção (O&M) das edificações, dado que essas fases apresentam grande impacto nos custos do ciclo de vida. Realizou-se uma Revisão Sistemática da Literatura através de busca na Scopus. O protocolo PRISMA foi empregado para avaliação dos 154 artigos recuperados, destes 22 tratam de experiências e metodologias de implementação do BIM para O&M, tendo sido selecionados para análise. As limitações dos trabalhos foram discutidas e foram propostas direções de pesquisa. Da análise crítica, verificou-se que o uso do BIM para O&M tem potencial para variados tipos de edificações, solucionando problemas que vão além da gestão das atividades. Constatou-se que o emprego do BIM para O&M é uma área de estudo em crescimento, principalmente no contexto brasileiro. Por fim, entende-se que pesquisas futuras neste campo devem apontar, entre outros aspectos, para desenvolvimentos acerca da coleta e transferência de dados entre o BIM e os sistemas de O&M; a criação e aprimoramento de sistemas de gestão da O&M integrados ao BIM e estudo de monitoramento em tempo real das instalações para diagnóstico de falhas.

PALAVRAS-CHAVE: Building Information Modeling; BIM; Gestão das instalações; Operação e Manutenção.

¹ Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC)

Fonte de Financiamento:
Sem Financiamento.

Conflito de Interesse:
Não há.

Submetido em: 12/05/2021
Aceito em: 27/07/2023

How to cite this article:

NASCIMENTO, C. R. S. de M. *et al.* O BIM como instrumento para gestão da manutenção e operação de edificações: um panorama atual. **Gestão & Tecnologia de Projetos**. São Carlos, v18, n1, 2023. <https://doi.org/10.11606/gtp.v18i1.185678>



ABSTRACT:

This paper discusses the contributions and difficulties of using Building Information Modeling (BIM) for Operation and Maintenance (O&M) of buildings, given that these phases have a great impact on life cycle costs. A Systematic Literature Review was carried out through a Scopus search. The PRISMA protocol was used to evaluate the 154 retrieved articles, of which 22 deal with BIM implementation experiences and methodologies for O&M, having been selected for analysis. Limitations of the works were discussed and research directions were proposed. A critical analysis of the data was carried out and it was verified that the use of BIM for O&M has potential for different types of buildings, solving problems that go beyond the management of activities. It was found that the use of BIM for O&M is an emerging field of research, mainly in the Brazilian context. Finally, it is understood that future research in this field should point, among other aspects, to developments regarding the collection and transfer of data between BIM and O&M systems; the creation and improvement of O&M management systems integrated with BIM and the study of real-time monitoring of facilities for fault diagnosis.

KEYWORDS: Building Information Modeling; BIM; Facility management; Operation and Maintenance.

RESUMEN:

Este artículo analiza las contribuciones y dificultades del uso de Building Information Modeling (BIM) para la Operación y Mantenimiento (O&M) de edificios, dado que estas fases tienen un gran impacto en los costos del ciclo de vida. Se realizó una Revisión Sistemática de la Literatura a través de una búsqueda en Scopus. Se utilizó el protocolo PRISMA para evaluar los 154 artículos recuperados, de los cuales 22 tratan sobre experiencias y metodologías de implementación BIM para O&M, habiendo sido seleccionados para su análisis. Se discutieron las limitaciones de los trabajos y se propusieron direcciones de investigación. A partir del análisis crítico, se verificó que el uso de BIM para O&M tiene potencial para diferentes tipos de edificios, resolviendo problemas que van más allá de la gestión de actividades. Se encontró que el uso de BIM para O&M es un área de estudio en crecimiento, especialmente en el contexto brasileño. Finalmente, se entiende que futuras investigaciones en este campo deben apuntar, entre otros aspectos, a desarrollos en cuanto a la recolección y transferencia de datos entre sistemas BIM y O&M; la creación y mejora de sistemas de gestión de O&M integrados con BIM y el estudio de la monitorización en tiempo real de las instalaciones para el diagnóstico de averías.

PALABRAS CLAVE: Modelado de Información de Construcción; BIM; Gestión de instalaciones; Operación y mantenimiento

INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling - BIM), pode ser definida como um conjunto de políticas, processos e tecnologias que criam uma metodologia de gerenciamento de dados, em formato digital, ao longo do ciclo de vida da construção (PENTTILÄ, 2006; SUCCAR, 2009). As principais características do BIM são a integração com diversas bases de dados, a fácil gestão de dados, a visualização detalhada de processos e resultados e a possibilidade de desenvolvimento de análises e simulações de sustentabilidade (LU et al., 2017). Grande parte dos trabalhos que tratam do BIM se voltam para o planejamento, design e construção dos empreendimentos (GIEL; MAYO; ISSA, 2015; LI et al., 2018). O emprego do BIM nas atividades de operação e manutenção (O&M), fase mais longa e responsável por um significativo gasto financeiro no ciclo de vida das construções (HU et al., 2018; IHSAN; ALSHIBANI, 2018; KASSEM et al., 2015; PENG et al., 2017) são ainda incipientes (HEATON; PARLIKAD; SCHOOLING, 2019a, 2019b; SAIEG et al., 2018).

A incorporação do BIM às práticas de O&M possibilita que os gestores de empreendimentos recuperem, analisem e processem dados em um ambiente 3D digitalizado acelerado (BECERIK-GERBER et al., 2012; GAO; PISHDAD-BOZORGI, 2019) e permite aos demais agentes envolvidos na O&M entender as informações necessárias à execução das atividades bem como localizar os componentes das construções com maior rapidez (BECERIK-GERBER et al., 2012; SHALABI; TURKAN, 2017; YANG; ERGAN, 2016). Desse modo, o uso de dados coletados através do BIM para gestão das instalações favorece o controle e a garantia da qualidade (BECERIK-GERBER et al., 2012). Apesar dos benefícios gerados pelo emprego do BIM, os avanços da implementação no mundo aconteceram devido a interferência dos Governos através de leis e decretos (SACKS et al., 2018). Isso acontece, pois a iniciativa privada não se dispõe a investir em áreas com riscos e problemas (MAZZUCATO, 2014), que no caso do BIM são a falta de conhecimento e pessoal qualificado; falta de treinamento; custos de transição, entre outros (CHAREF et al., 2019; REZA HOSSEINI et al., 2018).

Com o objetivo de padronizar e expandir a aplicação do BIM, empresas e governos começaram a desenvolver, desde os anos 2000, os Mandatos BIM, que são leis, decretos ou roteiros para os contratos de construção (SACKS et al., 2018; SACKS; GUREVICH; SHRESTHA, 2016). Para Charef et al. (2019), os Mandatos BIM governamentais são importantes, pois sem a liderança de cima para baixo, a adoção do BIM é baixa e desigual e isso limitaria a oportunidade de uso na construção civil. No Brasil, o governo federal criou, em junho de 2017, o Comitê Estratégico de Implementação do BIM (CE-BIM) a fim de impulsionar a utilização do BIM e promover as ações necessárias para seu uso (MDIC - MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, 2018). O Decreto Nº 9.983, 22 de agosto de 2019, traz os objetivos específicos do CE-BIM (BRASIL, 2019), são eles:

- I - difundir o BIM e seus benefícios;
- II - coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III - criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- IV - estimular a capacitação em BIM;
- V - propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI - desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII - desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII - estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; e
- IX - incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

A importância dos mandatos para a O&M de construções se dá pelo aumento de empresas e organizações que tomam conhecimento sobre o BIM, o que pode acarretar num melhor gerenciamento de ativos no longo prazo tanto para empresas públicas quanto privadas (SACKS et al., 2018).

Baseado na emergente necessidade de ultrapassar as fronteiras do conhecimento acerca da sinergia entre a O&M das construções e o BIM, sobretudo no cenário nacional, diante das atuais exigências da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, este artigo tem como objetivo discutir as contribuições e dificuldades do uso do BIM para gestão da O&M de edificações encontradas na literatura. Assim, o artigo está dividido em seis seções. O presente tópico trata da introdução ao tema de estudo com a apresentação da contextualização, justificativa e objetivos da pesquisa. Na sequência, aborda-se um tópico sobre a aplicação do BIM para gestão, operação e manutenção de instalações. O terceiro tópico descreve a metodologia da pesquisa. As seções seguintes tratam da descrição e análise crítica de experiências e metodologias de implementação do BIM para operação e manutenção de edificações. Por fim, são apresentadas as considerações finais decorrentes da pesquisa desenvolvida.

O BIM PARA GESTÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES

De acordo com a International Facility Management Association (1998), o gerenciamento das instalações envolve a garantia da funcionalidade, conforto, segurança e eficiência do ambiente construído e engloba a operação da planta, o gerenciamento da energia e redes de telecomunicações, o gerenciamento de resíduos perigosos e a reciclagem, a manutenção e o reparo, entre outros aspectos (ROPER; PAYANT, 2014). Percebe-se assim que a gestão das instalações permite que a O&M seja realizada de modo efetivo (ALHAMMADI, 2019). A adequada gestão das instalações pode reduzir em até 90% a ocorrência de falhas (MATARNEH et al., 2019; ROPER; PAYANT, 2014) e apresenta reflexos na percepção da qualidade das edificações por parte dos proprietários (ZALEJSKA-JONSSON, 2020). Além disso, pode contribuir para redução de impactos ambientais (MAWED; TILANI; HAMANI, 2020). Neste contexto, os Sistemas de Gestão de Facilidades Apoiada por Computador, Computer-assisted Facility Management (CAFM), são utilizados como ferramentas de apoio à gestão das instalações, permitindo rastrear, gerenciar, relatar e planejar atividades (ROPER; PAYANT, 2014; WATERSON, 2011).

A O&M são intrinsecamente relacionadas (DON, 2011) e compõem as etapas mais longas do ciclo de vida das edificações, logo, quão mais eficiente a gestão desse período, maior a vida útil e mais sustentáveis serão as edificações (CHEN et al., 2018; FALTEJSEK; CHUDIKOVA, 2019; PENG et al., 2017). Os dados gerados durante essas fases são úteis para auxiliar a gestão das instalações (PENG et al., 2017). A manutenção, especificamente, engloba todos os serviços necessários para manter as condições adequadas das instalações, a fim de que essas alcancem a vida útil de projeto (ROPER; PAYANT, 2014), sendo uma atividade fundamental para a operação de qualquer instalação (SHALABI; TURKAN, 2017). Essa atividade envolve fatores que vão além dos aspectos técnicos, abrangendo a gestão de recursos financeiros, jurídicos e humanos que afetam diferentes stakeholders de diferentes formas (CURRY et al., 2013; MOTAWA; ALMARSHAD, 2013). Assim, a tomada de decisão para execução de atividades de manutenção requer a integração das informações criadas por diferentes agentes do processo construtivo (MOTAWA; ALMARSHAD, 2013).

A manutenção pode ser preventiva, corretiva ou preditiva, porém, as informações necessárias à execução destas duas últimas categorias mencionadas são de difícil obtenção (SHALABI; TURKAN, 2017). Assim, a fácil coleta, acesso e atualização de dados é fundamental para efetiva execução das atividades de manutenção e operação das instalações (TEICHOLZ, 2013). A

adequada execução de manutenções permite reduzir o custo de reparos, reduzir a ocorrência de manutenções não programadas, prolongar a vida útil de equipamentos e instalações, reduzir os custos do ciclo de vida e prover segurança (DON, 2011). Usualmente, softwares de gestão da manutenção, Computerized Maintenance Management System (CMMS), são utilizados para agendar e registrar atividades (ROPER; PAYANT, 2014; SUBHAN, 2013).

A aplicação de novas tecnologias digitais, para além do CAFM e CMMS, na gestão das instalações tem crescido, onde o uso do BIM tem se destacado no que tange à captura de realidade, ao uso de internet das coisas e aos sistemas de informação geográfica (WONG; GE; HE, 2018). Nesse âmbito, o BIM apresenta grande potencial para superar as dificuldades na gestão de instalações relacionadas ao dominante processo manual de transferência de informações (KELLY et al., 2013) através de massivo armazenamento de dados (OLAPADE; EKEMODE, 2018; PENG et al., 2017). A perfeita integração entre o BIM e a gestão das instalações permite que dados sejam capturados, mantidos e compartilhados digitalmente num conjunto integrado de modelos BIM (PISHDAD-BOZORGI et al., 2018). O uso do BIM interconectado aos CAFM permite, por exemplo, planejar atividades, mensurar a quantidade de materiais necessários para execução de tarefas e identificar rapidamente a localização de elementos e as suas respectivas características (FALTEJSEK; CHUDIKOVA, 2019).

Alguma das vantagens da integração entre o BIM e a gestão das instalações incluem: i) a automatização do tratamento e troca de informações de projeto para O&M (YALCINKAYA; SINGH, 2014; SADEGHI et al., 2019); ii) a melhoria do comissionamento e da entrega de informações (SACKS et al., 2018); iii) a fácil localização de elementos e equipamentos e o suporte para resposta a emergências (TEICHOLZ, 2013); iv) a redução de custos decorrentes da precisa disponibilidade de dados para uso (BOSCH; VOLKER; KOUTAMANIS, 2015; GAO; PISHDAD-BOZORGI, 2018; SADEGHI et al., 2019; TEICHOLZ, 2013); v) a associação do BIM e às aplicações de gerenciamento das instalações, o que possibilita a atualização de dados ao longo de todo o ciclo de vida da construção (SACKS et al., 2018; TEICHOLZ, 2013); vi) a melhoria do desempenho dos sistemas por meio de análise mais rápida de problemas e consequente correção, o que reduz o número de paradas na operação e também aumenta a satisfação dos usuários (MATARNEH et al., 2019; TEICHOLZ, 2013; TERRENO et al., 2015); vii) o aumento da eficiência do atendimento a ordens de serviço e da tomada de decisão (YALCINKAYA; SINGH, 2014); viii) a redução de até 80% da duração das atividades de manutenção e operação (DAVTALAB; DELGADO, 2013), e; ix) o aumento da produtividade dos gestores ao reduzir o tempo empregado em atividades desnecessárias (SHALABI; TURKAN, 2017).

Para Pishdad-Bozorgi et al. (2018), o sucesso na integração entre o BIM e a gestão das instalações pode ser alcançado através da clara definição do que constitui a gestão das instalações habilitadas ao BIM, de um processo prático e contínuo de coleta de dados em todas as fases do processo de projeto e um adequado plano de interoperabilidade entre as ferramentas BIM e de gerenciamento das instalações. Além de auxiliar na coleta e gestão de dados (HU et al., 2018; LIN; SU, 2013; MOTAWA; ALMARSHAD, 2013; PENG et al., 2017) e no planejamento de ordens de serviço de manutenção (CHEN et al., 2018), alguns outros usos do BIM para O&M contemplam: i) a detecção automática de anomalias nas condições do ambiente interno das edificações e falhas de isolamento térmico (XIE et al., 2020); ii) as análises em tempo real acerca de parâmetros de qualidade do ambiente interno na etapa de operação por meio da integração com sensores (KAZADO; KAVGIC; ESKICIOGLU, 2019); iii) a gestão do espaço a fim de auxiliar a alocação e utilização de espaço interno (MA; SONG; SHANG, 2020); iv) a obtenção de dados em tempo real como instrumento para a gestão das instalações através da integração com a realidade híbrida e plataforma em nuvem (NATICCHIA; CORNELI; CARBONARI, 2020); e v) a detecção da causa raiz de falhas (MOTAMEDI; HAMMAD; ASEN, 2014), entre outros.

Entre os principais desafios à integração entre o BIM e a O&M de construções são citados: i) a escassez de padronização dos princípios de O&M para implementação BIM (BECERIK-GERBER et al., 2012; GAO; PISHDAD-BOZORGI, 2019; KASSEM et al., 2015); ii) a interoperabilidade entre os sistemas de gestão de instalações e o BIM (GAO; PISHDAD-BOZORGI, 2019; KASSEM et al., 2015; MATARNEH et al., 2019; PÄRN; EDWARDS; SING, 2017; SADEGHI et al., 2019); iii) a diversidade de softwares de gestão de instalações (KASSEM et al., 2015; KLEIN; LI; BECERIK-GERBER, 2012; PÄRN; EDWARDS; SING, 2017); iv) o pequeno envolvimento dos proprietários e gestores nas etapas de Projeto e Execução (BECERIK-GERBER et al., 2012; EDIRISINGHE et al., 2017; NAGHSHBANDI, 2016; SHALABI; TURKAN, 2017); v) a escassez de metodologias e casos práticos de uso (HU et al., 2018) e de casos que comprovem o retorno dos investimentos (BECERIK-GERBER et al., 2012; GAO; PISHDAD-BOZORGI, 2019); vi) as barreiras culturais para a adoção de novas tecnologias (BECERIK-GERBER et al., 2012; HEATON; PARLIKAD; SCHOOLING, 2019b; KASSEM et al., 2015); vii) a necessidade de elevados investimentos (HU et al., 2018); viii) a fragmentação e falta de clareza dos dados das construções ao longo do ciclo de vida (SHALABI; TURKAN, 2017); ix) a falta de habilidade dos gestores de empreendimentos e usuários no uso do BIM (KASSEM et al., 2015), e; x) a indefinição de responsáveis pela disponibilização de informações ao longo do ciclo de vida (BECERIK-GERBER et al., 2012).

De acordo com Shalabi e Turkan (2017), os atuais sistemas de gestão das instalações são complexos e apresentam deficiências de interoperabilidade e visualização. Kim, Poirier e Staub-French (2020) apontaram que essas deficiências podem ter origem nos modelos que são usados para a gestão das instalações, pois não há requisitos claros e padronizados sobre quais informações são necessárias e a forma que elas devem ser compartilhadas. Embora pesquisas tenham proposto soluções inovadoras de integração entre BIM e O&M (CHEN et al., 2018; MORETTI et al., 2020; PENG et al., 2017; ROGAGE; GREENWOOD, 2020), existe ainda um *gap* acerca da estruturação de modelos BIM adequados para uso na fase de O&M (CHEN et al., 2018; ENSAFI; HARODE; THABET, 2022; HEATON; PARLIKAD; SCHOOLING, 2019b; SADEGHI et al., 2019). Portanto, até o presente momento, é válida a afirmação de Pärn, Edwards e Sing (2017) de que é necessário ampliar os estudos relativos à esta fase.

METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia escolhida para o artigo trata-se de uma pesquisa de caráter exploratório desenvolvida em bases quantitativas realizada por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Uma RSL é uma maneira rigorosa de identificar e avaliar o estado de conhecimento existente sobre uma determinada questão e busca identificar as principais contribuições científicas para um campo ou questão (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003).

Os principais artigos de periódico publicados em todos os anos nesta área em estudo neste artigo foram recuperados através de busca na base de dados *Scopus*. A escolha da base *Scopus* se deve ao fato de que esta base se apresenta como uma alternativa adequada para pesquisas interdisciplinares bem como reúne um maior número de periódicos em comparação com outras bases de dados (MONGEON; PAUL-HUS, 2016). Para busca na *Scopus* foram utilizadas as seguintes palavras-chave: ("*building information modeling*" OR "*building information model*" OR "*BIM*") AND ("*operation and maintenance*" OR "*operations and maintenance*" OR "*operation & maintenance*" OR "*maintenance and operation*" OR "*O&M*"). Na *Scopus*, a busca realizada em janeiro de 2022 foi configurada como "*title/abstract/keywords*" e foram considerados apenas artigos publicados em periódicos no idioma inglês. Como resultado foram obtidas 154 publicações oriundas de 84 diferentes fontes, com uma medida de 3,66 citações por documento. A Figura 1 exibe o histograma da distribuição cronológica das publicações avaliadas nesta pesquisa. Observa-se que a quantidade de trabalhos neste campo vem crescendo e que os anos entre 2019 e 2021 representam 59,74% das publicações nesta área,

onde 2020 e 2021 atingiram o pico de publicações no período entre 2015-2020 com 34 publicações em cada ano respectivamente. É importante ressaltar em relação à Figura 1 que ainda que sejam apresentados os dados de publicações para o ano de 2022 (04 trabalhos), uma vez que a coleta de dados foi realizada em janeiro de 2022, não é possível extrair dados acerca do total de pesquisas no campo realizadas no ano de 2022. Assim, assume-se a perspectiva de crescimento das pesquisas na área englobando o panorama até 2021.

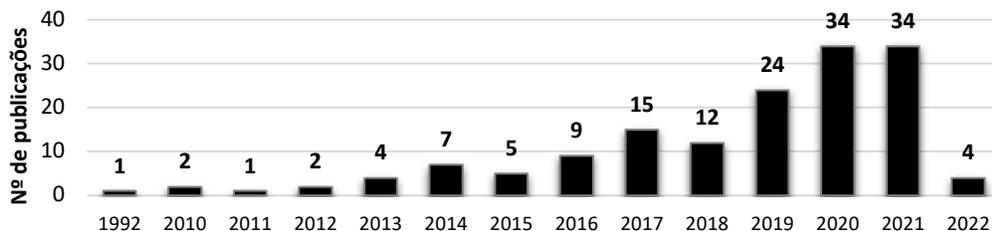


Figura 1. Produção científica anual

Fonte:
Elaborado pelos autores (2022).

Em relação às fontes que publicaram as pesquisas recuperadas, o Quadro 1 apresenta os 10 principais periódicos nesta área, que juntos representam aproximadamente 42% das publicações. Além disso, os periódicos *Automation in Construction*, *Sustainability* e *Facilities* representam aproximadamente 23% das publicações no campo. Os autores mais produtivos dentro do conjunto analisado são: Issa R. (05 trabalhos), Lu Q. (05 trabalhos) e Chen L. (04 trabalhos). As nações com maior número de trabalhos publicados foram China (32 trabalhos), Estados Unidos (25 trabalhos) e Reino Unido (14 trabalhos). Do mesmo modo, em ordem decrescente, os mais citados são Estados Unidos, China e Austrália.

Periódicos	Número de artigos publicados
Automation in Construction	19
Sustainability (Switzerland)	9
Facilities	7
Journal of Information Technology in Construction	7
Journal of Facilities Management	5
Journal of Management in Engineering	5
Buildings	4
Advances in Civil Engineering	3
Advances in Engineering Software	3
Energy and Buildings	3

Quadro 1. Periódicos mais relevantes para o campo de pesquisa

Fonte:
Elaborado pelos autores (2022).

Com auxílio do VOSviewer (VAN ECK; WALTMAN, 2010), foi possível estabelecer a rede de coocorrência de palavras-chave (Figuras 2 e 3). Para um mínimo de cinco ocorrências, 48 palavras-chave atingiram o valor, constituindo quatro agrupamentos diferentes (Figura 2). Do diagnóstico dos agrupamentos estruturados pelo VOSviewer, observa-se que o agrupamento representado pela cor vermelha está relacionado aos temas tecnologias BIM, Industry foundation classes (IFC), gestão da informação, edificações inteligentes e ciclo de vida. O agrupamento verde tem ligação a automação, pontes, custos, tomada de decisão e métodos de detecção. Já o agrupamento em azul está ligado às edificações, gestão das instalações, teoria da informação, edificações empresariais e pesquisas. Por fim, o agrupamento amarelo trata da gestão de ativos, realidade aumentada, integração de dados, digital twin e internet das coisas. A perspectiva temporal da rede de coocorrência de *keywords* é exibida na Figura 3: os termos periféricos, apresentados na cor amarela, “IFC”, “métodos de detecção”, “avaliação de riscos”, “visualização”, “digital twin”, “internet das coisas” têm sido investigados mais recentemente.

2018, priorizando assim, as publicações dos cinco últimos anos, que são as mais recentes sobre o tema (Figura 4). A análise das publicações selecionadas será descrita no tópico seguinte.

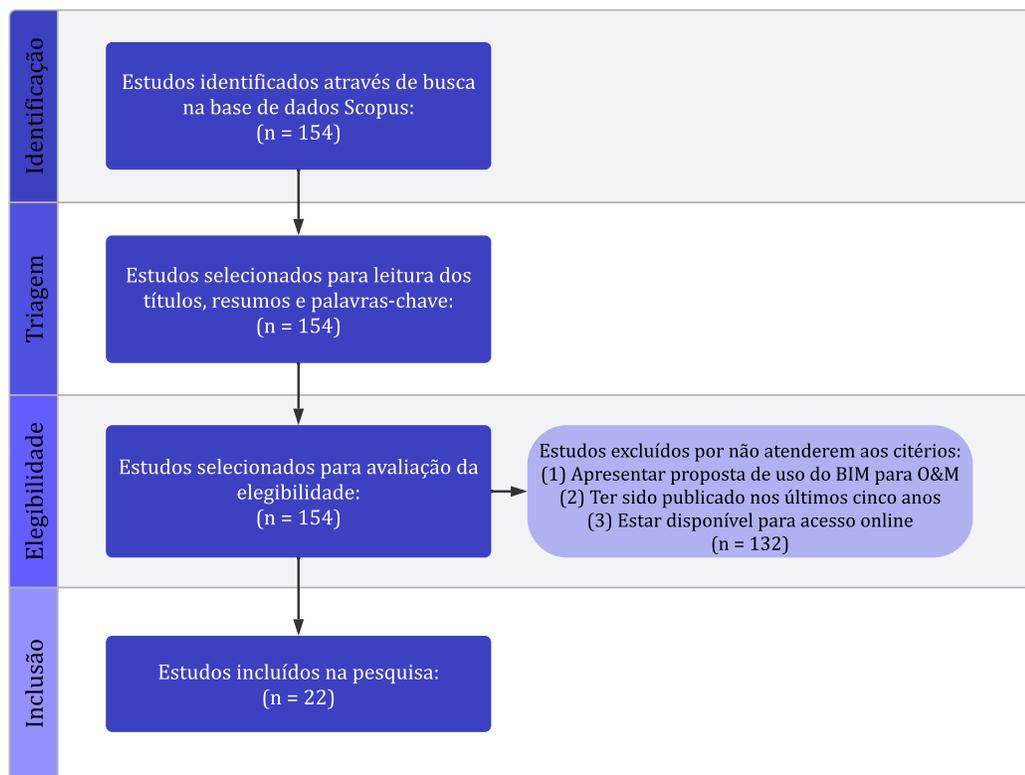


Figura 4. Fluxograma de seleção dos artigos

Fonte:
Elaborado pelos autores (2022).

EXPERIÊNCIAS E METODOLOGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO DO BIM PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES

Neste tópico são discutidos os resultados, contribuições e limitações de metodologias e experiências BIM voltadas especificamente para a O&M de edificações. Os artigos identificados são descritos visando estabelecer um panorama contemporâneo das pesquisas acerca do tema.

Matarneh et al. (2019) identificaram um conjunto de requisitos para a construção de modelos BIM *as-built* para operação e manutenção a fim de automatizar o processo de troca de informações para sistemas de gerenciamento de instalações, dando suporte a operações eficientes e de custos reduzidos. Kim, Poirier e Staub-French (2020), por sua vez, buscaram compreender como adaptar um modelo de informação de projeto para fins de gestão de instalações criando um modelo de informação de ativos. Para utilizar a entrega BIM para gestão de instalações, Kim, Poirier e Staub-French (2020) recomendaram que as organizações desenvolvessem requisitos claros de troca de informações. Em complemento, Ensafi, Harode e Thabet (2022) definiram quatro requisitos que devem existir no modelo BIM para que forneça valor total aos proprietários das instalações: i) o modelo é centrado em dados; ii) os gráficos do modelo são precisos e completos; iii) é centrado em sistemas, e; iv) permite a ligação direta com o sistema de gestão de instalações do proprietário.

Ainda tratando da coleta e transferência de dados, para auxiliar na geração de produtos de operação e manutenção no formato solicitado pelo usuário final, em seu estudo de caso, Sadeghi et al. (2019) elaboraram um fluxo de trabalho habilitado ao BIM para capturar e recuperar informações das instalações. Sadeghi et al. (2019) propuseram a abordagem

Building Handover Information Model (BHIM) que contextualiza dois esquemas openBIM, o COBie e o nível de especificações de desenvolvimento, e usa o Revit como ferramenta BIM e o *add-in* Dynamo para estender a funcionalidade paramétrica do Revit. Os avanços de Sadeghi et al. (2019) contribuem para ampliar o conhecimento acerca da interoperabilidade nos protocolos de troca BIM na entrega de edificações. Os autores concluíram que a abordagem criada ainda carece de melhorias no sentido de permitir a integração durante a fase de manutenção.

Já Heaton, Parlikad e Schooling (2019b) estruturaram uma metodologia para extração de dados diretamente dos modelos BIM existentes em uma base de dados para a integração com sistemas de gestão das instalações. Heaton, Parlikad e Schooling (2019b) identificaram que uma vez que os requisitos de O&M das instalações são inseridos no modelo BIM desde a etapa de projeto, a troca de informações por meio do modelo é facilitada. Amano et al. (2019), por sua vez, criaram uma abordagem para extrair informações semânticas para geração de dados BIM em instalações através da integração de nuvens de pontos 3D criados por laser scanning com dados de imagens hiperespectrais. Cho et al. (2019) apontam que há poucos modelos BIM com propriedades de instalações mecânica, elétrica e hidráulica (MEP) disponíveis para O&M. Para tal, Cho et al. (2019) aplicaram técnica de visão computacional baseadas em vetor para reconhecer símbolos e suas propriedades com uso de desenhos 2D e documentos com descrição de símbolos. Além disso, o trabalho de Rogage e Greenwood (2020) acerca da troca automatizada e utilização de dados entre modelos BIM nativos e a ferramenta SFG20 para regimes de O&M identificou limitações na qualidade dos dados semânticos e das convenções de nomenclatura de objetos no modelo BIM de origem.

Em uma perspectiva diferente das anteriores, mas ainda tratando da coleta de dados, Lu et al. (2018) criaram um sistema acionado por imagem semiautomática para reconhecer objetos das edificações e seus materiais. Stojanovic et al. (2019) propuseram uma arquitetura orientada a serviços para a classificação de nuvens de pontos de ambientes internos que permite a classificação de objetos comuns de móveis de escritório. Stojanovic et al. (2019) descrevem que esta abordagem pode aumentar o engajamento e a tomada de decisão dos profissionais envolvidos na gestão das instalações. Os supracitados autores apontam que avanços ainda precisam ser feitos em relação à obtenção e classificação dos dados de imagem. Mais recentemente, Moretti et al. (2020) desenvolveram a metodologia openBIM que integra os registros de informações estáticos e registro de informações dinâmicos a fim de facilitar o acesso e a utilização a dados, apoiando os fluxos de trabalho e operações da equipe de gestão de ativos. A reagrupação e processamento de dados permite insights úteis que suportam as operações de gerenciamento de ativos de edifícios.

Em relação aos sistemas para gerenciamento de O&M, McArthur et al. (2018) criaram uma abordagem de integração entre o BIM e a gestão das instalações para auxiliar os profissionais que atuam nesta área com a visualização espaço-temporal de ordens de serviços. McArthur et al. (2018) apontaram que estudos de casos adicionais são necessários para generalizar os resultados da pesquisa. Kim et al. (2018) sugeriram uma abordagem para gestão de instalações que consiste na troca de informações entre elementos do modelo BIM e a gestão das instalações através de uma base de dados. Yoon, Cha e Kim (2019) desenvolveram com uso do BIM um sistema computadorizado de gerenciamento para O&M que utiliza a análise de dados baseada na localização e permite uma melhoria na tomada de decisão, tornando a O&M mais precisa e efetiva. Da mesma forma, Marmo et al. (2019) desenvolveram uma metodologia baseada na integração do BIM, sistemas de gestão da manutenção e avaliação de desempenho de edifícios para auxiliar no planejamento da manutenção e o cumprimento de requisitos operacionais. Ghaffarian Hoseini et al. (2019) também elaboraram um sistema de gestão das edificações integrado usando aplicações nD BIM para promover o controle de supervisão baseado em

simulação na detecção e diagnóstico automático de falhas. A solução criada pelos autores visava otimizar o consumo de energia na manutenção no nível de conforto dos usuários.

No que tange à gestão e monitoramento de instalações, Kang, Lin e Zhang (2018) estabeleceram um framework de monitoramento interno das edificações baseado no BIM e na Internet das Coisas (IoT). Os autores utilizaram o BIM para armazenar os dados 3D da edificação e um banco de dados para informações de monitoramento. Além disso, os autores usaram um servidor de monitoramento e microcontroladores para coletar dados em tempo real. Para Kang, Lin e Zhang (2018), a integração entre o BIM e a IoT é extremamente eficiente para o uso de informações. Gouda, Abdallah e Marzouk (2020) também desenvolveram um framework integrado para a gestão e avaliação das condições de componentes de instalações de edificações existentes com base nos dados da construção e no escopo da operação e manutenção das instalações. Wen, Tang e Ho (2021) propuseram uma solução para a atualização das informações das mudanças prediais nos projetos hospitalares. Os autores destacaram que poucas pesquisas abordam a contínua troca de informações entre os modelos BIM e os sistemas de FM durante a fase de pós-ocupação. Wen, Tang e Ho (2021) pontuam ainda que para garantir a eficiência na sincronização de dados, é necessário que a informação seja apresentada em formato padronizado. Ma, Song e Shang (2020) utilizaram o BIM para auxiliar na gestão de espaços em uma edificação escolar na China. O sistema desenvolvido pelos autores permitiu a identificação em tempo real do uso de espaços, ajudando os usuários a identificar rotas de locomoção mais rápidas e a reduzir falhas na organização de espaços. Em outra perspectiva também relacionada ao monitoramento das instalações, o trabalho de Mohamed et al. (2020) apresentou um framework baseado em BIM e planilhas do Excel para avaliação estrutural de edifícios que permitiu prever deterioração e falhas de elementos, fornecendo uma base para a manutenção preditiva de elementos de construção. De forma semelhante, Eskandari e Noorzai (2021) propuseram um modelo para facilitar a previsão de defeitos evitáveis em sistemas de instalações de edifícios comerciais. Para tal, os autores adotaram uma solução preventiva baseada em manutenção produtiva total (TPM) associada a uma abordagem BIM para os defeitos recorrentes identificados em instalações.

O Quadro 2 traz uma compilação das pesquisas mencionadas neste tópico. Percebe-se das pesquisas descritas, que as aplicações do BIM para gestão da O&M envolveram diferentes aplicações em diferentes tipologias construtivas (Edificações residenciais, comerciais, hospitalares e de ensino) e que foram associadas com diversas tecnologias emergentes como laser scanning, nuvens de pontos, código de barras, *Big Data*, simulador de jogos, sensores, microcontroladores, Internet das Coisas, entre outras.

Publicações	Usos BIM para O&M
Lu <i>et al.</i> (2018); Amano <i>et al.</i> (2019); Cho <i>et al.</i> (2019); Heaton, Parlikad e Schooling (2019b); Matarneh, <i>et al.</i> (2019); Sadeghi <i>et al.</i> (2019); Stojanovic <i>et al.</i> (2019); Kim, Poirier e Staub-French (2020); Moretti <i>et al.</i> (2020); Rogage e Greenwood (2020); Ensafi, Harode e Thabet (2022)	Coleta e transferências de dados
McArthur <i>et al.</i> (2018); Kim <i>et al.</i> (2018); Yoon, Cha e Kim (2019); Marmo <i>et al.</i> (2019); GhaffarianHoseini <i>et al.</i> (2019)	Sistemas para gerenciamento de O&M
Kang, Lin e Zhang (2018); Gouda, Abdallah e Marzouk (2020); Wen, Tang e Ho (2021); Ma, Song e Shang (2020); Mohamed <i>et al.</i> (2020); Eskandari e Noorzai (2021)	Gestão e monitoramento do espaço interno de edificações

Quadro 2. Panorama das pesquisas acerca dos usos do BIM para O&M

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

IDENTIFICAÇÃO DAS LIMITAÇÕES E PROPOSTAS DE PESQUISAS FUTURAS

Este subtópico apresenta as limitações identificadas nos artigos analisados nesta pesquisa (Quadro 2) e com base nisso, encontrou-se as lacunas existentes na literatura atual e recomendou-se novos estudos a serem desenvolvidos.

COLETA E TRANSFERÊNCIA DE DADOS

Em relação ao tema de Coleta e Transferência de dados foi possível perceber que existem duas vertentes principais. Uma que foca na integração de BIM-O&M para novas edificações e outra que foca nesta integração para edificações existentes.

No caso da integração BIM-O&M para novas edificações, verificou-se que para uma coleta e transferência de dados com perda mínima de informações são necessárias mudanças de processos e padronização de diretrizes globalmente aplicáveis. Existe dificuldade de todas as partes interessadas no processo de construção fornecerem, desde o projeto a entrega, informações padronizadas usando o COBie, que serão necessárias para o gerenciamento da manutenção. Essa dificuldade é apresentada na literatura, como chamou atenção Heaton, Parlikad e Schooling (2019b) quando afirmaram que é necessário o engajamento das partes interessadas para o desenvolvimento do gerenciamento de ativos.

Além disso, modelos BIM visando a O&M demandam de muito tempo e esforço, necessitando um plano estratégico de longo prazo pelos proprietários, onde o uso do BIM seja vital para toda gestão de ativos e não apenas para a avaliação (KIM; POIRIER; STAUB-FRENCH, 2020).

Apesar dos trabalhos de Kim, Poirier e Staub-French (2020) e Moretti et al. (2020) proporem processos para padronizar as informações para trocas, seus estudos eram limitados em escopo e aplicabilidade. Assim, necessita-se a continuidade de estudos de padronização de processos que envolvam aplicações para as diversas instalações e ativos que compõem uma edificação e que possam usar outras tecnologias, como a IoT.

Outro ponto em destaque é que alguns artigos, que apresentaram estudos de caso visando a troca de dados, usaram o Revit para a modelagem e criaram plugins para facilitar a troca com o software de gerenciamento de instalações (HEATON; PARLIKAD; SCHOOLING, 2019b). Apenas Rogage e Greenwood (2020) usaram o IFC para a troca automática de dados entre o BIM e uma ferramenta de manutenção. Apesar dos avanços apresentados pelos autores, o estudo limitava-se a um único produto de O&M e o sucesso do processo dependia da qualidade dos dados semânticos e das convenções de nomenclatura de objetos no modelo de origem. Logo, a expansão dos estudos de Rogage e Greenwood (2020) é necessária, para que a troca automática de transferência de dados sejam possíveis usando o IFC para os diversos produtos e ativos necessários na fase de O&M.

Por fim, Ensafi, Harode e Thabet (2022) documentaram procedimentos para configurar modelos BIM integrados centrados em sistemas. Apesar de os requisitos aplicados em um estudo de caso, seu escopo também era limitado a um tipo de sistema de construção. Para a verificação dos procedimentos de maneira ampla, percebe-se que há a necessidade de ampliar os estudos para os demais sistemas existentes a fim de obter uma solução mais abrangente do fluxo de trabalho.

Já no que tange à integração BIM-O&M para edificações existentes, muitos edifícios existentes não possuem modelos de informação ou seus modelos não estão atualizados. Para essa situação Lu; Lee e Chen (2018) propuseram um sistema semiautomático que usava imagens para construir objetos BIM no IFC a partir de imagens de edifícios existentes para auxiliar o gerenciamento de O&M. A limitação desta solução é o tempo necessário para a criação e o

enriquecimento banco de dados de regras Fuzzy para melhorar a precisão do reconhecimento de objetos. Outra solução foi apresentada por Amano et al. (2019) que integrou nuvem de pontos 3D por varredura a laser com dados de imagem hiperespectrais. Porém o método também tinha limitações: i) o uso do scanner a laser não capturava grandes janelas de vidro nem objetos obstruídos na linha de visão; ii) o uso da imagem hiperespectral requeria calibrações espaciais e espectrais para obter precisão suficiente.

Logo, apesar dos avanços nas pesquisas, ainda há a necessidade de padronização de procedimentos para o levantamento e troca dos dados para todos os sistemas prediais. Para projetos novos, a participação da equipe de manutenção deve ser incentivada a cooperar desde o início e o COBie deve ser aplicado como padrão. Para edificações existentes, o uso de varredura a laser, drone e IoT devem ser amplamente estudados e criados procedimentos de uso que garantam o levantamento dos sistemas existentes e o carregamento dessas informações em programas de gerenciamento de O&M usando preferencialmente o IFC para a troca de dados.

SISTEMAS PARA GERENCIAMENTO DE O&M

O presente trabalho analisou artigos que propuseram sistemas de gerenciamento de O&M como já discutido anteriormente. McArthur et al. (2018) criaram uma estrutura para coleta de informações adicionais necessárias para atribuir prioridade e níveis de urgência, priorizar a resposta do FM às ordens de serviços e facilitar a causa raiz identificação e análise. A integração possuía limitações: o banco de dados usado para treinamento, na época que o artigo foi escrito, já não refletia os padrões atuais de ordens de serviço e o estudo limitou-se a um conjunto de dados de instalações. Yoon, Cha e Kim (2019) desenvolveram um sistema de gerenciamento de dados de O&M que empregou análise de dados baseada em localização. Porém o sistema não foi testado em um estudo de caso real para a sua validação.

Marmo et al. (2019) criaram uma metodologia BIM e integração de sistemas de gerenciamento de instalações, sustentada por um modelo de informações de desempenho. Mas a implementação da metodologia limitou-se ao sistema ambiental da sala de operação. São necessários estudos mais abrangentes em outros sistemas de engenharia (proteção contra incêndio, sistemas elétricos, medidores de consumo de energia, clima estação, etc.).

O sistema proposto por GhaffarianHoseini et al. (2019) fornecia controle de supervisão baseado em simulação enquanto detectava e diagnosticava automaticamente falhas operacionais, mas se aplicou apenas para o sistema de energia. Pode-se estudar a possibilidade de expansão de uso para outros sistemas de engenharia e monitoramento de emergência, assim como acrescentar módulos que usem a tecnologia de Realidade (AR)/Realidade Virtual (VR).

Logo, ainda há a necessidade de expandir o conhecimento em relação aos sistemas de gerenciamento de O&M. Devem ser feitos estudos para ampliar e verificar o sucesso de aplicações já realizadas na literatura usando banco de dados atualizados e que reflitam as necessidades atuais do setor, que estão especificamente relacionadas a otimização do atendimento de ordens de serviço e da detecção de falhas. Assim, a coleta de dados e a detecção automática de falhas são lacunas do conhecimento neste campo. Neste sentido, são sugeridos como direções de pesquisas futuras o aprimoramento da coleta de dados dos modelos BIM para auxiliar no atendimento de solicitações de manutenção e a detecção e diagnóstico automático de falhas com auxílio de tecnologias emergentes como a AR e a VR. Para ambas as direções de pesquisa futuras cabe o desenvolvimento de soluções para diferentes tipos de sistemas e instalações com a aplicação em estudos de caso reais.

GESTÃO E MONITORAMENTO DO ESPAÇO INTERNO DE EDIFICAÇÕES

No que tange à gestão e monitoramento do espaço interno de edificações Kang, Lin e Zhang (2018) avançaram mais na automatização e criaram uma estrutura baseada em BIM e IoT que foi testada em um protótipo. A estrutura apresentou viabilidade técnica, mas poucos itens foram monitorados e alguns deles possuíam funções ausentes. Também não se testou a estrutura em um sistema real.

Wen, Tang e Ho (2021) propuseram uma solução orientada que permita a transferência de conhecimento entre o edifício e a gestão de instalações. A solução melhorou o fluxo de trabalho e verificou-se isso no estudo de caso aplicado a um hospital. A limitação do sistema estava na quantidade de trabalho que deve ser dedicado a preparação do modelo BIM e do estabelecimento de padrão e orientação FM, além de ser necessária experiência de gerenciamento de atividade médicas e FM.

Ma, Song e Shang (2020) criaram um sistema BIM para gestão do espaço interno de uma edificação escolar. A limitação do sistema estava na eficiência da busca de caminhos que foi reduzida devido à classificação dos mapas internos e na falta de atributos mais refinados para oferecer diferentes tipos de escolhas para os usuários diversos.

Mohamed et al. (2020) apresentou um framework baseado em BIM para avaliação da condição de edifícios e um modelo preditivo de deterioração. O framework estava limitado ao uso do Revit como plataforma BIM e a coleta de dados foi manual, além da aplicação voltada apenas para elementos estruturais em concreto. Eskandari e Noorzai (2021) criaram ferramenta para a previsão de defeitos evitáveis em sistemas de instalações de edifícios comerciais usando o BIM. A ferramenta possuía como limitação os valores para cada deficiência usados para o cálculo estatístico, pois esses valores podem variar entre os diversos tipos de edifícios. Além disso, faltou aplicar a ferramenta em uma edificação existente.

Difícilmente uma solução geral para a gestão e monitoramento do espaço interno de edificações será proposta, pois cada edificação tem suas particularidades relacionadas aos sistemas que devem ser monitorados. Porém, é necessária aplicação em casos reais de framework proposto de monitoramento, a fim de entender seus benefícios e suas limitações na prática (KANG; LIN; ZHANG, 2018), ou testar para outros tipos de edificações diferente da proposta no estudo (MA; SONG; SHANG, 2020). Apenas dois artigos levantados usaram uma estrutura para modelo preditivo de deterioração (ALI MOHAMED et al., 2020; ESKANDARI; NOORZAI, 2021). Para este tipo de atividade, recomenda-se a realização de estudos que usem a fotogrametria ou a varredura a laser para o levantamento das instalações existentes, além da criação de um banco de dados consistente com os principais defeitos que possam ocorrer a fim de calcular estatisticamente quando irão ocorrer as falhas. Também se recomendam estudos que combinem o uso do BIM e IoT para facilitar a visualização em campo das informações solicitadas, podendo a equipe de operação acessar o modelo BIM em tablets ou celulares, agilizando o processo de manutenção.

ANÁLISE CRÍTICA

Conforme observado nos tópicos anteriores, o emprego do BIM para manutenção tem se tornado uma exigência por parte de governos em todo mundo. Logo, a discussão e a análise crítica dos benefícios e dificuldades são de grande contribuição para o corpo de conhecimento existente. Além disso, percebe-se a capacidade do BIM para auxiliar na gestão das instalações de diferentes tipos de empreendimentos, quer sejam edificações habitacionais, hospitalares ou

escolares, o que mostra a versatilidade e amplitude do emprego desta tecnologia para solucionar problemas em diferentes âmbitos da indústria da AECO.

Cabe salientar o potencial do BIM como instrumento para aumentar eficiência, eficácia e garantir a segurança na manutenção e operação das instalações, bem como, para reduzir os custos destas atividades. Compete enfatizar ainda o potencial do uso do BIM associado a tecnologias emergentes, o que permite solucionar uma ampla gama de problemas. Além disso, a extração de dados diretamente dos modelos BIM permite a integração destes a sistemas computadorizados de gestão das instalações, o que evidencia a necessidade de que a O&M sejam pensadas desde o início da elaboração dos projetos para que os dados necessários à execução destas atividades sejam inseridos no modelo BIM.

Através da revisão realizada nesta pesquisa foi possível identificar que as questões relacionadas à coleta e transferência de dados entre o BIM e a O&M ainda são campos em estudo. Os requisitos BIM que os modelos devem apresentar para O&M ainda são alvo de pesquisas e carecem do estabelecimento de diretrizes globalmente aplicáveis. A troca automatizada de informações é um outro campo que segue demandando análises. Destaca-se a necessidade da criação de modelos BIM especificamente voltados para O&M de instalações mecânica, elétrica e hidráulica (MEP). O reconhecimento e classificação de objetos das instalações também tem sido estudado sobretudo com a associação às tecnologias emergentes. Os sistemas de gerenciamento das instalações associados ao BIM também têm recebido atenção e apresentam potencial para auxiliar na tomada de decisão e tornar as atividades de O&M mais rápidas, produtivas, precisas e seguras. É importante frisar a relevância da coleta de dados em tempo real e a associação com bases de dados para o alcance dos benefícios descritos. A gestão e o monitoramento das instalações também têm recebido destaque nas pesquisas avaliadas neste estudo, permitindo a contínua identificação das condições das instalações e a consequente detecção de falhas. Neste sentido, o uso de sensores, microcontroladores e da Internet das Coisas têm se apresentado como grandes aliados.

A análise dos artigos permitiu identificar também a ocorrência de alguns dos desafios à integração entre o BIM e a O&M que foram apresentados no referencial deste trabalho. A escassez de padronização dos princípios de O&M para implementação BIM foi identificada nos trabalhos de Heaton, Parlikad e Schooling (2019b), Matarneh et al. (2019), Kim, Poirier e Staub-French (2020) e Ensafi, Harode e Thabet (2022). Percebe-se assim que, dada a contemporaneidade das pesquisas citadas, este ainda é um desafio que continua demandando aprofundamentos e atravancando a implementação BIM para O&M. Da mesma forma, as questões relacionadas à interoperabilidade entre os sistemas de gestão de instalações e o BIM foram encontradas em Sadeghi et al. (2019) e Rogage e Greenwood (2020). No que tange à diversidade de softwares de gestão de instalações, foram identificados diferentes trabalhos que buscaram criar diferentes abordagens de sistemas de gestão das instalações (GHAFARIANHOSEINI et al., 2019; YOON; CHA; KIM, 2019), porém, não foi identificada a continuidade de trabalhos anteriores no sentido de melhorar abordagens existentes e assim criar um sistema único de gestão das instalações integrado ao BIM. A escassez de casos práticos de uso também foi reconhecida, uma vez que um poucas pesquisas apresentaram dados da aplicação das ferramentas que desenvolveram. Pode ser inferido ainda que a necessidade de altos investimento para integração entre o BIM e a O&M também é um desafio que pode ser identificado nas pesquisas que fazem parte da análise desta pesquisa, visto que as proposições para integração BIM-O&M requerem na maioria dos casos o uso de outras tecnologias, a exemplo do *laser scanning*, nuvens de pontos, Big Data, simuladores, sensores, Internet das Coisas, entre outros.

Por fim, apesar de não fazer parte da busca original deste trabalho, foi realizada uma pesquisa adicional no Google Scholar, usando as mesmas palavras-chaves apresentadas na Metodologia,

a fim de entender como a pesquisa nacional se apresenta com relação ao tema do BIM para operação e manutenção. Foi possível verificar que entre os anos de 2018 e 2020 foram publicados 6 artigos distribuídos em 4 revistas: no *Brazilian Journal of Development* foram publicados os artigos de Garcia, Bueno e Silva (2019) e de Silva et al. (2019), na revista *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção* o artigo de Machado e Ruschel (2018), na *Revista Boletim do Gerenciamento* foi publicado o artigo de Santos (2020), e na *Revista Ambiente Construído* foi publicado o artigo de Hippert, Longo e Moreira (2019). Destes 1 foi publicado em 2018, 3 foram publicados em 2019 e 2 foram publicados em 2020. Estes resultados mostram que existe uma preocupação crescente no âmbito da pesquisa nacional, mas que mais trabalhos precisam ser desenvolvidos para refletir as adaptações e dificuldades encontradas hoje nesta temática do BIM para O&M no Brasil, inclusive através da publicação de estudos de caso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O BIM é uma metodologia que apresenta grandes potenciais para tornar a indústria da AECO mais sustentável e inteligente e consequentemente agregar tais características às cidades construídas com o uso desta metodologia. Nesse sentido cabe destacar o papel do BIM como instrumento de busca da eficiência, que atravessa não somente os aspectos relacionados aos materiais e sistemas das edificações, mas também as esferas social, econômica e sustentável do processo construtivo. Ressalta-se ainda o importante papel do BIM para ajudar no processo de tomada de decisão, no diagnóstico antecipado e na execução e manutenções preditivas, atividades fundamentais para aumentar a durabilidade e consequentemente a vida útil das edificações, promovendo a sustentabilidade na indústria da construção.

O uso do BIM para O&M, especificamente, é uma área de estudo em crescimento e, dada a importância e a dimensão dos impactos em termos de custos desta fase para o ciclo de vida das edificações, avanços são necessários, no sentido de tornar a gestão das instalações uma atividade padronizada e automatizada. Através da revisão da literatura foi possível entender as principais características da gestão das instalações e as sinergias entre o BIM e a O&M das edificações, bem como os principais usos, benefícios e desafios dessa integração.

Especificamente no contexto brasileiro, frisa-se a importância do Decreto Nº 10.306 (BRASIL, 2020) que estabelece que até 2028 o BIM deve ser empregado no gerenciamento e manutenção de obras que envolvem o poder público, o que reforça ainda mais o desenvolvimento de pesquisas, sobretudo voltados especificamente para as características intrínsecas indústria da construção civil brasileira para que apresentem diretrizes e ferramentas que auxiliem a implementação do BIM para O&M. Destaca-se ainda que o número de pesquisas nacionais acerca deste tema ainda é escasso, sobretudo que na base de dados escolhida para análise nesta pesquisa, a Scopus, nenhum artigo nacional foi identificado.

Por fim, a análise e discussão sobre as experiências e metodologias contemporâneas para integração entre o BIM e a O&M permitiu identificar o potencial do BIM para O&M de diversas tipologias de edificações, bem como para solucionar diferentes problemas relacionados a essas etapas, para além de apenas a gestão das atividades de manutenção. Além disso, enfatizam-se as sinergias e potencialidades da integração entre o BIM e diversas tecnologias emergentes, o que permite a análise e atualização em tempo real de informações. É importante ainda apontar que desafios relacionados à escassez de padronização dos princípios de O&M para implementação BIM, à interoperabilidade entre os sistemas de gestão de instalações e o BIM, à diversidade de softwares de gestão de instalações, à escassez de casos práticos de uso do BIM para O&M e à necessidade de altos investimento para integração entre o BIM e a O&M ainda precisam ser suplantados.

Diante do exposto, entende-se que esta pesquisa contribui para o avanço das fronteiras do conhecimento à medida em que compila e analisa informações atuais sobre a integração do BIM e a O&M. Por fim, como sugestões de pesquisas futuras, aponta-se: i) uso do COBie desde o início do projeto e maior incentivo da participação da equipe de manutenção nesta fase; ii) uso de tecnologias emergentes, como varredura a laser, drone e IoT para facilitar o levantamento e modelagem de sistemas; iii) criação de banco de dados com informações sobre equipamentos, prioridades e níveis de urgência a fim de se obter análises preditivas mais precisas e uma equipe mais preparada para a resolução dos problemas; iv) estudar a possibilidade de tornar o uso do BIM agregado a AR/VR padrão para O&M em edificações grandes ou complexas, a fim de criar diretrizes que possam ser gerenciadas desde o nível estratégico ao nível operacional; v) estudo do monitoramento em tempo real das instalações para diagnóstico de falhas; vi) desenvolvimento e aplicação de metodologias para integração BIM-O&M voltadas especificamente para a realidade brasileira, entendendo-se suas limitações econômicas e tecnológicas e; vii) o desenvolvimento de estudos de caso brasileiros que implementem o BIM para O&M e reportem os principais desafios a esta integração.

REFERÊNCIAS

- ALHAMMADI, S. A. Analysis and impact of facility management in performance of buildings. **International Journal of ADVANCED AND APPLIED SCIENCES**, v. 6, n. 11, p. 30–34, nov. 2019.
- ALI MOHAMED, N. et al. Assessment and Prediction Planning of R.C Structures Using BIM Technology. **Engineering Research Journal**, v. 167, n. 0, p. 394–403, 1 set. 2020.
- AMANO, K.; LOU, E. C. W.; EDWARDS, R. Integration of point cloud data and hyperspectral imaging as a data gathering methodology for refurbishment projects using building information modelling (BIM). **Journal of Facilities Management**, v. 17, n. 1, p. 57–75, 15 maio 2019.
- BECERIK-GERBER, B. et al. Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 3, p. 431–442, 2012.
- BOSCH, A.; VOLKER, L.; KOUTAMANIS, A. BIM in the operations stage: Bottlenecks and implications for owners. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 5, n. 3, p. 331–343, 2015.
- BRASIL. **Decreto Nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling.** Brasília, 2019.
- BRASIL. **Decreto Nº 10.306, de 2 de abril de 2020, Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Es.** BrasilDiário Oficial da União, , 2020.
- CECCONI, F. R.; MALTESE, S.; DEJACO, M. C. Leveraging BIM for digital built environment asset management. **Innovative Infrastructure Solutions**, v. 2, n. 1, p. 1–16, 2017.
- CHAREF, R. et al. Building Information Modelling adoption in the European Union: An overview. **Journal of Building Engineering**, v. 25, n. October 2018, 2019.

CHEN, W. et al. BIM-based framework for automatic scheduling of facility maintenance work orders. **Automation in Construction**, v. 91, n. August 2017, p. 15–30, 2018.

CHO, C. Y.; LIUA, X.; AKINCIB, B. Symbol recognition using vectorial signature matching for building mechanical drawings. **Advances in Computational Design**, v. 4, n. 2, p. 155–177, 1 abr. 2019.

CURRY, E. et al. Linking building data in the cloud: Integrating cross-domain building data using linked data. **Advanced Engineering Informatics**, v. 27, n. 2, p. 206–219, 1 abr. 2013.

DAVTALAB, O.; DELGADO, J. L. Benefits of 6D BIM for Facilities Management Departments for Construction Projects – A Case Study Approach. **Benefits of 6D BIM for Facilities Management Departments for Construction Projects – A Case Study Approach**, 2013.

DEZEN-KEMPTER, E. et al. ESCANEAMENTO 3D A LASER, FOTOGRAMETRIA E MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO PARA GESTÃO E OPERAÇÃO DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 10, n. 2, p. 113, 6 nov. 2015.

DON, S. **Facilities Operations and Maintenance | Whole Building Design Guide**. Disponível em: <<https://www.wbdg.org/facilities-operations-maintenance>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

EDIRISINGHE, R. et al. Building information modelling for facility management: Are we there yet? **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 24, n. 6, p. 1119–1154, 2017.

ENSAFI, M.; HARODE, A.; THABET, W. Developing systems-centric as-built BIMs to support facility emergency management: A case study approach. **Automation in Construction**, v. 133, p. 104003, jan. 2022.

ESKANDARI, N.; NOORZAI, E. Offering a preventive solution to defects in commercial building facility system using BIM. **Facilities**, v. 39, n. 13/14, p. 859–887, 4 out. 2021.

FALTEJSEK, M.; CHUDIKOVA, B. Facility management and building information modeling during operation and maintenance. **MATEC Web of Conferences**, v. 277, p. 02022, 2019.

GAO, X.; PISHDAD-BOZORGI, P. **Past, Present, and Future of BIM-Enabled Facilities Operation and Maintenance**. Construction Research Congress 2018: Infrastructure and Facility Management - Selected Papers from the Construction Research Congress 2018. **Anais...American Society of Civil Engineers (ASCE)**, 2018.

GAO, X.; PISHDAD-BOZORGI, P. BIM-enabled facilities operation and maintenance: A review. **Advanced Engineering Informatics**, v. 39, n. August 2018, p. 227–247, 2019.

GARCIA, L. R.; BUENO, C.; SILVA, S. R. M. Estudo do potencial de ferramentas bim aplicadas à manutenção predial em edifícios públicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 17185–17196, 2019.

GHAFFARIANHOSEINI, A. et al. ND BIM-integrated knowledge-based building management: Inspecting post-construction energy efficiency. **Automation in Construction**, v. 97, p. 13–28, 1 jan. 2019.

GIEL, B. K.; MAYO, G.; ISSA, R. R. A. BIM use and requirements among building owners. **Building Information Modeling: Applications and Practices**, p. 255–277, 2015.

GOLABCHI, A.; AKULA, M.; KAMAT, V. Automated building information modeling for fault detection and diagnostics in commercial HVAC systems. **Facilities**, v. 34, n. 3–4, p. 233–246, 2016.

GOUDA, A.; ABDALLAH, M. R.; MARZOUK, M. An integrated framework for managing building facilities. **Journal of Engineering and Applied Science**, v. 67, n. 4, p. 809–828, 2020.

HEATON, J.; PARLIKAD, A. K.; SCHOOLING, J. A Building Information Modelling approach to the alignment of organisational objectives to Asset Information Requirements. **Automation in Construction**, v. 104, p. 14–26, 1 ago. 2019a.

HEATON, J.; PARLIKAD, A. K.; SCHOOLING, J. Design and development of BIM models to support operations and maintenance. **Computers in Industry**, v. 111, p. 172–186, out. 2019b.

HIPPERT, M. A. S.; LONGO, O. C.; MOREIRA, A. C. RFID na edificação: proposta de modelo de sistema para organização das informações de manutenção. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 4, p. 155–173, dez. 2019.

HU, Z. Z. et al. Construction and facility management of large MEP projects using a multi-Scale building information model. **Advances in Engineering Software**, v. 100, p. 215–230, 1 out. 2016.

HU, Z. Z. et al. BIM-based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase. **Advances in Engineering Software**, v. 115, p. 1–16, 2018.

IHSAN, B.; ALSHIBANI, A. Factors affecting operation and maintenance cost of hotels. **Property Management**, v. 36, n. 3, p. 296–313, 2018.

INTERNATIONAL FACILITY MANAGEMENT ASSOCIATION. **What is FM - Definition of Facility Management**. Disponível em: <<http://www.ifma.org/about/what-is-facility-management#sthash.GjARNDWg.dpuf%0Ahttps://www.ifma.org/about/what-is-facility-management>>. Acesso em: 28 jul. 2020.

KANG, K.; LIN, J.; ZHANG, J. BIM- and IoT-based monitoring framework for building performance management. **Journal of Structural Integrity and Maintenance**, v. 3, n. 4, p. 254–261, 2018.

KASSEM, M. et al. BIM in facilities management applications: A case study of a large university complex. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 5, n. 3, p. 261–277, 2015.

KAZADO, D.; KAVGIC, M.; ESKICIOGLU, R. Integrating building information modeling (BIM) and sensor technology for facility management. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 24, n. December, p. 440–458, 2019.

KELLY, G. et al. BIM for facility management: a review and a case study investigating the value and challenges. **Proceedings of the 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality**, n. January, p. 30–31, 2013.

KENSEK, K. BIM guidelines inform facilities management databases: A Case Study over Time. **Buildings**, v. 5, n. 3, p. 899–916, 2015.

KIM, K. et al. Integration of ifc objects and facility management work information using Semantic Web. **Automation in Construction**, v. 87, p. 173–187, 1 mar. 2018.

KIM, S.; POIRIER, E. A.; STAUB-FRENCH, S. Information commissioning: bridging the gap between digital and physical built assets. **Journal of Facilities Management**, v. 18, n. 3, p. 231–245, 2020a.

KIM, S.; POIRIER, E. A.; STAUB-FRENCH, S. Information commissioning: bridging the gap between digital and physical built assets. **Journal of Facilities Management**, v. 18, n. 3, p. 231–245, 4 jul. 2020b.

KLEIN, L.; LI, N.; BECERIK-GERBER, B. Automation in Construction Imaged-based verification of as-built documentation of operational buildings. **Automation in Construction**, v. 21, p. 161–171, 2012.

LEE, W. L. et al. V3DM+: BIM interactive collaboration system for facility management. **Visualization in Engineering**, v. 4, n. 1, 1 dez. 2016.

LI, J. et al. A review of currently applied building information modeling tools of constructions in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 201, p. 358–368, 2018.

LIN, Y. C.; SU, Y. C. Developing mobile- and BIM-based integrated visual facility maintenance management system. **The Scientific World Journal**, v. 2013, 2013.

LIN, Y. C.; SU, Y. C.; CHEN, Y. P. Developing mobile BIM/2D barcode-based automated facility management system. **Scientific World Journal**, v. 2014, 2014.

LU, Q.; LEE, S.; CHEN, L. Image-driven fuzzy-based system to construct as-is IFC BIM objects. **Automation in Construction**, v. 92, p. 68–87, 1 ago. 2018.

LU, Y. et al. Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. **Automation in Construction**, v. 83, n. February, p. 134–148, 2017.

LUCAS, J. et al. **A PILOT MODEL FOR A PROOF OF CONCEPT HEALTHCARE FACILITY INFORMATION MANAGEMENT PROTOTYPE/5 EDITOR: Kirti Ruikar) A pilot model for a proof of concept healthcare facility information management prototype** **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2013/5>>.

MA, G.; SONG, X.; SHANG, S. BIM-based space management system for operation and maintenance phase in educational office buildings. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 26, n. 1, p. 29–42, 2020.

MACHADO, F. A.; RUSCHEL, R. C. Soluções integrando BIM e Internet das Coisas no ciclo de vida da edificação: uma revisão crítica. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 9, n. 3, p. 240–258, 28 set. 2018.

MARMO, R. et al. A methodology for a performance information model to support facility management. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 24, p. 1–25, 2019.

MATARNEH, S. T. et al. BIM for FM: Developing information requirements to support facilities management systems. **Facilities**, v. 38, n. 5–6, p. 378–394, 2019.

MAWED, M.; TILANI, V.; HAMANI, K. The role of facilities management in green retrofit of existing buildings in the United Arab Emirates. **Journal of Facilities Management**, v. 18, n. 1, p. 36–52, 2020.

MAZZUCATO, M. **O ESTADO EMPREENDEDOR: Desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. 1ª edição ed. São Paulo: Portfolio Penguin, 2014.

- MCARTHUR, J. J. et al. Machine learning and BIM visualization for maintenance issue classification and enhanced data collection. **Advanced Engineering Informatics**, v. 38, p. 101–112, 1 out. 2018.
- MDIC - MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, C. E. E. S. **Estratégia BIM BR**. Brasília, Brasil: [s.n.].
- MONGEON, P.; PAUL-HUS, A. The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. **Scientometrics**, v. 106, n. 1, p. 213–228, 1 jan. 2016.
- MOREIRA, L. C. DE S.; RUSCHEL, R. C. Impacto da adoção de BIM em Facility Management: uma classificação. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 6, n. 4, p. 277, 30 dez. 2015.
- MORETTI, N. et al. An openBIM Approach to IoT Integration with Incomplete As-Built Data. **Applied Sciences**, v. 10, n. 22, p. 8287, 23 nov. 2020.
- MOTAMEDI, A.; HAMMAD, A.; ASEN, Y. Knowledge-assisted BIM-based visual analytics for failure root cause detection in facilities management. **Automation in Construction**, v. 43, p. 73–83, 2014.
- MOTAWA, I.; ALMARSHAD, A. A knowledge-based BIM system for building maintenance. **Automation in Construction**, v. 29, p. 173–182, 2013.
- NAGHSHBANDI, S. N. BIM for Facility Management: Challenges and Research Gaps. **Civil Engineering Journal**, v. 2, n. 12, p. 679–684, 2016.
- NATICCHIA, B.; CORNELI, A.; CARBONARI, A. Framework based on building information modeling, mixed reality, and a cloud platform to support information flow in facility management. **Frontiers of Engineering Management**, v. 7, n. 1, p. 131–141, 2020.
- OLAPADE, D. T.; EKEMODE, B. G. Awareness and utilisation of building information modelling (BIM) for facility management (FM) in a developing economy: Experience from Lagos, Nigeria. **Journal of Facilities Management**, v. 16, n. 4, p. 387–395, 2018.
- PÄRN, E. A.; EDWARDS, D. J.; SING, M. C. P. The building information modelling trajectory in facilities management: A review. **Automation in Construction**, v. 75, p. 45–55, 2017.
- PENG, Y. et al. A hybrid data mining approach on BIM-based building operation and maintenance. **Building and Environment**, v. 126, p. 483–495, 1 dez. 2017.
- PENTTILÄ, H. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 11, n. January, p. 395–408, 2006.
- PISHDAD-BOZORGI, P. et al. Planning and developing facility management-enabled building information model (FM-enabled BIM). **Automation in Construction**, v. 87, n. October 2017, p. 22–38, 2018.
- REZA HOSSEINI, M. et al. Roadmap to Mature BIM Use in Australian SMEs: Competitive Dynamics Perspective. **Journal of Management in Engineering**, v. 34, n. 5, p. 1–13, 2018.
- ROGAGE, K.; GREENWOOD, D. Data transfer between digital models of built assets and their operation & maintenance systems. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 25, n. February, p. 469–481, 2020.
- ROPER, K. O.; PAYANT, R. P. **The Facility Management Handbook**. Third Edit ed. [s.l.] AMACOM, 2014.

SACKS, R. et al. **A Guide to Building Information Modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers**. 3. ed. New Jersey: Wiley, 2018.

SACKS, R.; GUREVICH, U.; SHRESTHA, P. A review of Building Information Modeling protocols, guides and standards for Large construction clients. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 21, n. January 2017, p. 479–503, 2016.

SADEGHI, M. et al. Developing building information models (BIM) for building handover, operation and maintenance. **Journal of Facilities Management**, v. 17, n. 3, p. 301–316, 12 jul. 2019.

SAIEG, P. et al. Interactions of Building Information Modeling, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 788–806, 2018.

SANTOS, R. M. J. H. Revisão de literatura em inovações tecnológicas da indústria da construção. **Revista Boletim do Gerenciamento**, v. 19, n. 19, p. 1–11, 2020.

SHALABI, F.; TURKAN, Y. IFC BIM-Based Facility Management Approach to Optimize Data Collection for Corrective Maintenance. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 31, n. 1, p. 1–13, 2017.

SILVA, M. V. R. et al. O bim na fase de operação e manutenção de edificações: oportunidades e desafios (parte i). **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 14624–14634, 2019.

STOJANOVIC, V. et al. Service-oriented semantic enrichment of indoor point clouds using octree-based multiview classification. **Graphical Models**, v. 105, 1 set. 2019.

SUBHAN, A. **Computerized maintenance management systems**. Disponível em: <<https://www.wbdg.org/om/cmms.php>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

TEICHOLZ, P. **BIM for Facility Managers**. [s.l.: s.n.].

TERRENO, S. et al. **The Benefits of BIM Integration with Facilities Management: A Preliminary Case Study**. Computing in Civil Engineering 2015. **Anais...**Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 21 jun. 2015.

THABET, W.; LUCAS, J. D. **Thabet & Lucas, pg. 104 deliveryJournal of Information Technology in Construction (ITcon)**. [s.l.] Thabet & Lucas, 2017. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2017/6>>.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, v. 14, p. 207–222, 2003.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010.

WATERSON, R. **Computer-Aided Facilities Management (CAFM) | Whole Building Design Guide**. Disponível em: <<http://www.wbdg.org/om/cafm.php>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

WEN, Y.; TANG, L. C. M.; HO, D. C. W. A BIM-based space-oriented solution for hospital facilities management. **Facilities**, v. 39, n. 11/12, p. 689–702, 26 jul. 2021.

WONG, J. K. W.; GE, J.; HE, S. X. Digitisation in facilities management: A literature review and future research directions. **Automation in Construction**, v. 92, n. October 2017, p. 312–326, 2018.

XIE, X. et al. Visualised inspection system for monitoring environmental anomalies during daily operation and maintenance. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2020.

YALCINKAYA, M.; SINGH, V. Building information modeling (BIM) for facilities management-literature review and future needs. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, v. 442, n. January 2016, p. 1–10, 2014.

YANG, X.; ERGAN, S. Design and Evaluation of an Integrated Visualization Platform to Support Corrective Maintenance of HVAC Problem-Related Work Orders. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 30, n. 3, p. 04015041, 23 maio 2016.

YOON, J. H.; CHA, H. S.; KIM, J. Three-Dimensional Location-Based O&M Data Management System for Large Commercial Office Buildings. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 33, n. 2, p. 04019010, abr. 2019.

ZALEJSKA-JONSSON, A. Does facility management affect perception of building quality?: A study of cooperative residential buildings in Sweden. **Facilities**, v. 38, n. 7–8, p. 559–576, 2020.

Claudia Nascimento
claudia.msnascimento@ufpe.br

Gabriela Moraes
gabriela.alvesm@ufpe.br

Rachel Palha
rachel.palha@ufpe.br

Anísio Dourado
anisio.brasileiro@ufpe.br

Maurício Andrade
mauricio.andrade@ufpe.br