

Integração da fase de manutenção em modelos BIM

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.142.35>

Ana Thereza Carvalho¹, Rui Calejo², José Santos³

¹ *CONSTRUCT-GEQUALTEC, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto (FEUP), Porto, ORCID: 0000-0003-4013-6968*

² *CONSTRUCT-GEQUALTEC, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto (FEUP), Porto, ORCID: 0000-0002-2162-8425*

³ *CONSTRUCT-LABEST, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto (FEUP), Uma – Universidade da Madeira, FCEE – Faculdade de Ciências Exatas e Engenharia, DECG – Departamento de Engenharia e Geologia, Madeira, ORCID: 0000-0002-8134-0925*

Resumo

A manutenção é essencial para garantir o desempenho dos edifícios, sendo parte fundamental da gestão de instalações e a maior fase do ciclo de vida de um edifício. De facto, ao longo do ciclo de vida de um edifício um grande volume de informações é gerado, no entanto, apenas parte dessa informação é necessária para o desenvolvimento dos processos de gestão da manutenção. A inserção de sistemas de gestão de informação digital, como o BIM, no processo construtivo permite o aprimoramento da qualidade, gestão, conservação e manipulação das informações. No entanto, fatores essenciais para a gestão da manutenção, como a sistematização e padronização das informações, carecem de melhorias, apesar de já existirem sistemas de codificação de informações destinadas à manutenção. O presente artigo tem como objetivo uniformizar e integrar as informações de manutenção num modelo BIM. Os dados de entrada são organizados numa base de dados externa em formato de matriz contendo os principais conteúdos de manutenção, sendo em seguida integrados no modelo BIM com o auxílio de uma ferramenta de programação visual. Os resultados deste estudo fornecem um processo de integração das informações de manutenção no modelo BIM, sendo essas informações a base para o desenvolvimento futuro de planos, cronogramas e manuais de manutenção.

1. Introdução

Os edifícios desempenham papel fundamental na vida quotidiana seja através de investimentos, conforto, prestação de serviços ou abrigo. Assim, cada edifício deve ser planeado, projetado, construído e mantido respeitando requisitos básicos de desempenho e durabilidade ao longo da sua vida útil, além de atender às necessidades exigidas pelos utilizadores. Grande parte do fluxo de trabalho no desenvolvimento de projetos envolve análises construtivas e de custos durante, principalmente, as fases de conceção, projeto e construção. Entretanto, os custos e estratégias de atividades relativas à fase de operação e manutenção (O&M), em muitos casos, não são abordados nas etapas iniciais do projeto.

A fase de O&M de edifícios compreende a maior fase do ciclo de vida de um edifício, portanto representa mais de metade dos gastos ao longo da sua vida útil. Esses altos valores podem ser resultado de uma baixa eficiência no planeamento das atividades de gestão da manutenção e, conseqüentemente, afetam o conforto e satisfação dos ocupantes das instalações [1].

A otimização do ciclo de vida do edifício desde as fases construtivas iniciais até a O&M resulta da união dos dados produzidos nesses períodos em repositórios de informações únicos e estruturados, facilitando o rápido acesso a informações precisas e confiáveis. Portanto, como novo paradigma, o *Building Information Modeling* (BIM) surge como uma metodologia que permite a geração e centralização dessas informações necessárias à gestão de um edifício em serviço, apoiando as atividades relativas à O&M. Assim, é possível obter um planeamento aprimorado e padronizado de cada processo de manutenção para cada edifício [2].

Os *softwares* BIM buscam soluções que permitam aprimorar tanto o processo construtivo quanto a organização, estruturação e sistematização de dados qualitativos e quantitativos do edifício e, conseqüentemente, melhorar a precisão de custos do processo, sobretudo na fase de gestão da manutenção. Entretanto, a definição desses dados ainda é um desafio, pois os modelos BIM devem ser desenvolvidos com as informações reunidas ao longo do ciclo de vida da edificação [3], que muitas vezes estão espalhadas por inúmeros documentos e não possuem uma estrutura formalizada com requisitos BIM [4].

A troca de dados entre as ferramentas BIM é padronizada pelo esquema IFC (*Industry Foundation Classes*), já o COBie, padrão internacional, também pode ser utilizado para a troca de dados na área de gestão de edifícios, incluindo a manutenção [5]. Embora esse padrão para troca de dados exista, a grande quantidade de informações gerada no modelo BIM deve ser estruturada de acordo com as atividades de manutenção definidas. Portanto, esse artigo tem como objetivo uniformizar e integrar as informações de manutenção num modelo BIM. Os dados serão organizados numa base de dados externa em formato de matriz contendo os principais conteúdos de manutenção e, em seguida são integrados no modelo BIM com o auxílio de uma ferramenta de programação visual.

2. Metodologia

O tema de pesquisa foi definido a partir da seguinte questão: “Os projetos desenvolvidos através da metodologia BIM possibilitam a extração de dados e documentação que contenham informações proveitosas e/ou essenciais para as atividades de manutenção de edifícios?”. Para responder e compreender à questão uma metodologia de quatro etapas foi aplicada, sendo elas: (i) pesquisa em base de dados, (ii) revisão bibliográfica, (iii) proposta da ficha de manutenção e (iv) teste de conceito.

Os temas da revisão de literatura foram divididos em dois grupos: manutenção de edifícios e utilização do BIM em manutenção de edifícios. Através da revisão de literatura realizada foi possível obter a lacuna de conhecimento entre a definição e extração de dados com base nas atividades de manutenção. Baseado nessas informações, foi desenvolvido um modelo BIM com informações necessárias de acordo com a ficha de manutenção proposta pelos autores. A seguir, no teste de conceito, foram adicionadas informações de manutenção num elemento do edifício para perceber as possíveis interações entre o modelo e a exportação dessas informações. Por último, os resultados obtidos foram analisados e propostas de melhorias no processo foram expostas. A Figura 1 mostra os passos de desenvolvimento deste documento.

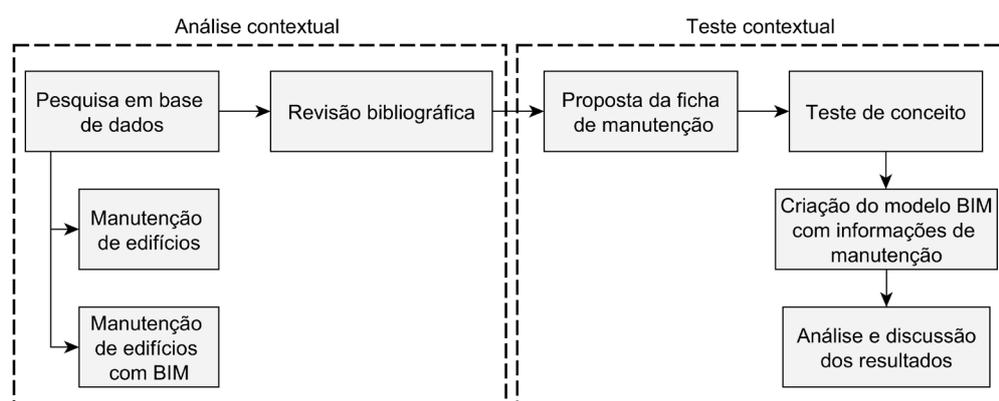


Figura 1
Metodologia.

3. Revisão bibliográfica

3.1. Manutenção de edifícios

A manutenção de edifícios consiste numa atividade técnica administrativa combinada que, através de intervenções, visam evitar a deterioração do edifício, garantir segurança e conforto aos utilizadores e, ainda, atender aos requisitos de desempenho requeridos [6]. O processo de gestão da manutenção envolve medidas estratégicas e, habitualmente, podem ser divididas em dois grandes grupos, a saber: manutenções preventivas ou planeadas e não planeadas. A primeira é realizada seguindo um plano predeterminado, sendo necessário o entendimento completo da situação, objetivando maximizar o desempenho dos elementos do edifício e reduzir falhas e anomalias

durante o uso. Contrariamente, a segunda é realizada sem um plano predefinido e executada para a correção imediata de um problema relatado pelos utilizadores, perda de controle ou quebras inesperadas [7].

Na atualidade, as práticas de manutenção são baseadas principalmente na manutenção corretiva, sendo as ações tardias tomadas após uma reclamação do utilizador ou uma falha não planeada. Já as ações preventivas são limitadas ao nível mínimo de inspeções obrigatórias em instalações críticas devido, principalmente, às ações de recursos humanos e orçamento. Essas práticas resultam em gastos desnecessários, inspeções dispendiosas e aparecimentos de falhas patológicas [8].

Os principais objetivos das atividades de manutenção são retardar patologias, causadas por motivos diversos, além de sustentar e melhorar o desempenho dos edifícios. O período de manutenção compreende naquele entre um reparo e outro, que pode ser aumentado devido a uma gestão da manutenção eficaz. Quando esse período é encurtado, o desempenho e a disponibilidade do edifício são reduzidos e os custos com manutenção são elevados [9]. Sendo assim, as manutenções devem ser planeadas e executadas com periodicidade de acordo com a necessidade de cada elemento do edifício, evitando assim, gastos desnecessários e fornecendo qualidade do ambiente edificado aos utilizadores.

3.2. Gestão de instalações

A gestão de instalações (*Facility Management* - FM) envolve estratégias eficazes e processos multidisciplinares que visam fornecer serviços necessários para manter a funcionalidade de um edifício. Nas divergentes abordagens que integram o FM, a manutenção de edifícios é uma das áreas dentro do FM e constitui práticas essenciais para perdurar o desempenho das edificações considerando as exigências estabelecidas pelas organizações [10] e, portanto, é o foco desta pesquisa. De acordo com a NP EN 15221-4 [11], a abordagem da presente pesquisa se enquadra no seguinte subnível da Gestão de Instalação (FM): Espaço e Infraestruturas / Espaço / Operação e Manutenção.

A gestão da manutenção envolve fatores como planeamento, monitorização, envolvimento, controlo e implementação de recursos que visam garantir que os sistemas de valor dos utentes e das partes interessadas sejam entregues com eficácia e eficiência. Além disso, tem como objetivo garantir o desempenho ideal do edifício dentro de um orçamento definido, no menor tempo e com alta qualidade [9].

Os profissionais de manutenção dependem de dados em tempo real, precisos e abrangentes para realizar as atividades diárias de manutenção e dispor de informações confiáveis à administração. Entretanto, a recolha de dados e a inspeção das instalações são, muitas vezes, dispendiosas e os recursos para realizar as atividades são abaixo das necessidades. Portanto, a qualidade e a relevância das atividades de manutenção e inspeções são afetadas, resultando em políticas e estratégias ineficientes [8]. Além disso, a recolha desses dados requer tempo e esforços significativos

quando a documentação é impressa ou eletrónica sem qualquer estruturação. Esse processo tradicional leva a fatores como perda de dados, redundâncias, despesas adicionais com a procura de dados e reinserção manual de dados [12].

3.3. Diretrizes de manutenção

A ISO 15686 estabelece diretrizes para previsão e controlo de custos dos edifícios ao longo da sua vida útil com a finalidade de garantir o seu comportamento em serviço. A quarta parte desta ISO, ISO 15686-4:2014, denominada como *Service Life Planning Using Building Information Modeling*, fornece informações e orientações sobre o uso de padrões para a troca de informações para planeamento da vida útil de edifícios e ativos construídos e seus componentes, assim como os dados de suporte necessários. O sistema de informações estruturado deve ser capaz de armazenar e processar as informações, determinar planos de manutenção, suportar interoperabilidade entre softwares diferentes, além de ter utilidade pelos profissionais envolvidos durante o ciclo de vida da edificação. Para isso, a metodologia BIM possui a capacidade de cumprir esses requisitos e, ainda, propõe estruturas de troca de informações utilizando o padrão IFC4 e a especificação de dados COBie [14].

A Norma Europeia EN 13306 objetiva estabelecer os termos mais utilizados em todos os tipos de manutenção e instalações. Além dos termos relacionados aos processos técnicos, a norma também indica definições de atividades como planeamento, gestão e documentação de manutenção, não incluindo conceitos relacionados com processos informáticos e digitais. Já a Norma Europeia EN 13460 determina a documentação necessária que deve ser gerada e entregue para apoiar as estratégias de manutenção. As informações necessárias, associadas à documentação, que cada instalação deve ter no processo de manutenção, tanto na fase operacional quanto na exploração, são expostas por essa norma.

3.4. Processos de gestão da manutenção com o BIM

A adoção da metodologia BIM tornou-se fundamental para o setor da construção, pois ela possibilita a integração das etapas do ciclo de vida da edificação, resultando num ambiente dinâmico e colaborativo. Um único modelo BIM integrado pode ser desenvolvido e as informações podem ser inseridas à medida que o projeto avança reunindo, assim, dados essenciais para as atividades de manutenção [17].

A metodologia BIM consiste numa representação digital de um empreendimento através de um conjunto de processos associados e informações que são reunidas e geridas ao longo do ciclo de vida da edificação [2]. O BIM auxilia no processo de intercâmbio de informações entre as fases construtivas de uma edificação e os profissionais envolvidos, na eficiência de recolha de dados, no acesso às informações de construção em tempo real durante a fase de O&M por meio de um modelo central. Entretanto, a implementação do BIM na operação e manutenção de edifícios ainda é um desafio devido à variedade de software existentes no mercado. Por isso, é necessário que cada empreendimento possua um fluxo de trabalho bem definido entre as

partes interessadas e envolvidas no processo construtivo para que a perda de dados seja minimizada [4].

Apesar dos benefícios inerentes ao processo construtivo, o BIM é predominantemente adotado nas fases de projeto e construção devido ao suporte dado à construção, como visualização e gestão da construção. Nessas fases, os profissionais concentram-se na verificação de conflitos e negligenciam a acessibilidade da operação. A adoção do BIM na fase de FM ainda é muito baixa, entretanto, os benefícios dessa integração podem ser significativos devido ao facto de 85% dos custos do ciclo de vida do edifício após a construção poderem ser atribuídos a questões de FM [18]. Dentro das áreas do FM, o BIM vem sendo mais utilizado na fase de O&M dos edifícios, devido à facilidade de acesso aos dados e visualização dos ativos, melhoria da precisão de dados, aumento da eficácia da ordem de trabalho, entre outros [17].

4. Modelo proposto

4.1. Metodologia de manutenção

Na manutenção, os elementos construtivos de uma edificação podem ser divididos em conjuntos de acordo com sua funcionalidade e/ou comportamento dentro do ambiente construído. Cada conjunto é composto por elementos fonte de manutenção (EFM) que é uma parte de um edifício correspondente à associação de componentes ou elementos com mecanismos de degradação únicos [19].

A manutenção inclui ações técnicas, administrativas e da gestão, que juntas visam manter ou substituir um ativo para que ele possa desempenhar a função para a qual foi construído, ao longo de seu ciclo de vida. As atividades podem variar de simples inspeções visuais a verificação de funções, sendo as mais relevantes: (1) inspeção: procedimentos que visam identificar indicadores do comportamento da edificação [19]; (2) limpeza: garantir a higiene do ambiente e a estética da edificação; ações preventivas: visam avaliar e/ou mitigar a degradação do edifício; (3) proatividade: visa reduzir a deterioração do EFM por meio de intervenções periódicas; (4) medidas corretivas: destinadas a corrigir e eliminar patologias que se encontrem em estado de degradação mais avançado [15]; (5) substituição: consiste na substituição do elemento ou parte dele que apresente anomalias irreparáveis, de forma a retomar sua funcionalidade inicial; e (6) termos de uso que definem como usar um ativo para manter sua função e bom estado.

4.2. Ficha de manutenção

As atividades de manutenção envolvem várias estratégias para manter o adequado funcionamento dos elementos fonte de manutenção. As fichas de manutenção auxiliam no controlo das atividades desenvolvidas nos EFMs e podem variar de acordo com cada organização. Todavia, as fichas devem contemplar informações mínimas e suficientes para que o gestor do edifício possa melhor realizar as atividades de

manutenção, sendo elas: (i) pormenor dos procedimentos a serem realizados; (ii) descrição dos meios e técnicas que devem ser usadas para executar os procedimentos; (iii) escolha dos agentes, técnico ou utente, responsáveis pela execução dos procedimentos; (iv) definição da periodicidade dos procedimentos; e (v) custo de execução dos procedimentos. Além disso, cada EFM deve possuir a sua ficha, e podem ser agrupados quando os elementos exercem a mesma função dentro da edificação, com as informações organizadas e detalhadas.

A Tabela 1 mostra um modelo de ficha de manutenção organizada em formato de uma matriz contendo as 6 principais atividades de manutenção e a descrição das informações necessárias para realização das atividades. A ficha foi dividida em duas secções: a primeira destina-se à identificação do elemento fonte de manutenção; e a segunda parte abrange a descrição das atividades de manutenção que serão desenvolvidas no EFM.

Tabela 1: Modelo Ficha de Manutenção

Ficha de Manutenção					
Nome (categoria)					
ID do elemento					
Tipo					
Nível					
Material					
Operação	Parte do EFM	Atividade	Responsável	Ocorrência	Custo
Inspeção					
Pró-ação					
Correção					
Substituição					
Termos de utilização					

4.3. Fluxo de informações e base de dados adotada

O *software* de modelação BIM tem uma elevada capacidade de organizar e armazenar informações ao longo das fases de vida do edifício, sem perda significativa de informação. No entanto, o tamanho e a complexidade da edificação influenciam diretamente na quantidade de dados armazenados dentro do *software* de modelação BIM, resultando em sobrecarga de dados no *software*. Portanto, assim como a solução adotada pelo COBie, a base de dados inicial e final no processo de troca de informações de manutenção será o *software* Microsoft Excel.

As informações e os conteúdos de manutenção serão organizados no Excel (no futuro fornecidos pelo fabricante) e, então importadas para o modelo BIM desenvolvido. Posteriormente, na fase de manutenção, os dados serão exportados para a outra folha de cálculo do Excel apenas para mostrar a possibilidade da extração de dados do modelo BIM para outro *software*. Assim, os gestores de manutenção ou utilizadores finais poderão aceder à ficha de manutenção numa base de dados externa, mesmo

que esta esteja ligada ao modelo desenvolvido em BIM. Esses dados (diretamente do modelo BIM ou já em folhas Excel) podem ser utilizados posteriormente para a elaboração do Plano e Cronograma de Manutenção, entre outros documentos. A interação entre o modelo BIM e as tabelas, desenvolvida no *software* Microsoft Excel, será realizada através do Dynamo, ferramenta de programação visual nativa nas versões superiores ao Revit 2018, exceto nas versões Revit LT.

5. Teste de conceito

5.1. Modelo BIM

O modelo BIM de estudo é uma residência unifamiliar de, aproximadamente, 50 m² de área construída, composta por dois quartos, uma casa de banho, uma cozinha e uma sala. Uma única categoria do modelo, no caso a porta, foi escolhida para a verificação da viabilidade do fluxo de informação proposto. Dentro da categoria escolhida, existem 5 portas que se diferenciam por tamanhos e materiais.

O projeto foi desenvolvido com o objetivo de contemplar o nível de informações de manutenção necessário. Na criação do modelo, utilizaram-se famílias paramétricas nas quais foram acrescentadas informações, caso não possuísse, nos seguintes parâmetros: Família, Tipo, Nível Base e Material. A organização dessa informação dentro do modelo BIM é o que possibilita a interoperabilidade entre o Revit e o Excel, devido ao Dynamo buscar os parâmetros de maneira específica.

5.2. Base de dados em Excel

A ficha de manutenção com as informações relativas à manutenção, que não fazem parte dos parâmetros nativos do modelo BIM, foram organizadas e armazenadas no *software* Microsoft Excel. Apesar de ser uma ferramenta que possui várias informações do modelo BIM, o Revit é um software de modelação. Portanto, não possui e, dependendo da complexidade do modelo, não suporta a inserção de grande quantidade de informações de manutenção. Por esse motivo, o Excel foi escolhido como base de dados inicial e final para armazenar a informação de manutenção. A folha Ficha de Manutenção contempla o modelo como disposto na Tabela 1 contendo os conteúdos de manutenção. Essa informação, preenchida no Excel, será importada para o Revit para o preenchimento dos parâmetros criados.

5.3. Rotinas Dynamo

Foram desenvolvidas três rotinas no Dynamo sendo a primeira para a criação dos parâmetros (de acordo com a Tabela 1), a segunda para a importação da informação dos parâmetros e a terceira para a extração dos parâmetros criados e outros parâmetros nativos do Revit para a identificação do elemento fonte de manutenção.

A primeira rotina foi dividida em três passos. O primeiro passo, foi definido para a seleção do arquivo Excel para acesso às informações necessárias para a criação dos parâmetros. O segundo passo envolveu a organização das listas que foram importadas no passo anterior. O terceiro passo foi a criação dos parâmetros com base nas listas organizadas anteriormente. Três tipos de parâmetros foram utilizados, sendo eles: parâmetros de texto utilizados para os parâmetros que necessitam apenas de caracteres do tipo texto para o preenchimento; intervalo de tempo para os parâmetros que envolvem tempo; e moeda para os parâmetros que envolvem o custo das atividades a serem realizadas. Foram criados um total de 25 parâmetros em cada instância da categoria portas. A segunda rotina também foi dividida em três etapas, sendo a primeira e a segunda desenvolvida da mesma maneira que as duas etapas da primeira rotina. Diferenciando-se apenas na seleção da lista com as informações para o preenchimento dos parâmetros. A terceira etapa, foi o preenchimento dos parâmetros criados de acordo com as informações das atividades de manutenção dispostas na ficha de manutenção. A Figura 2 mostra o resultado dessas duas rotinas.

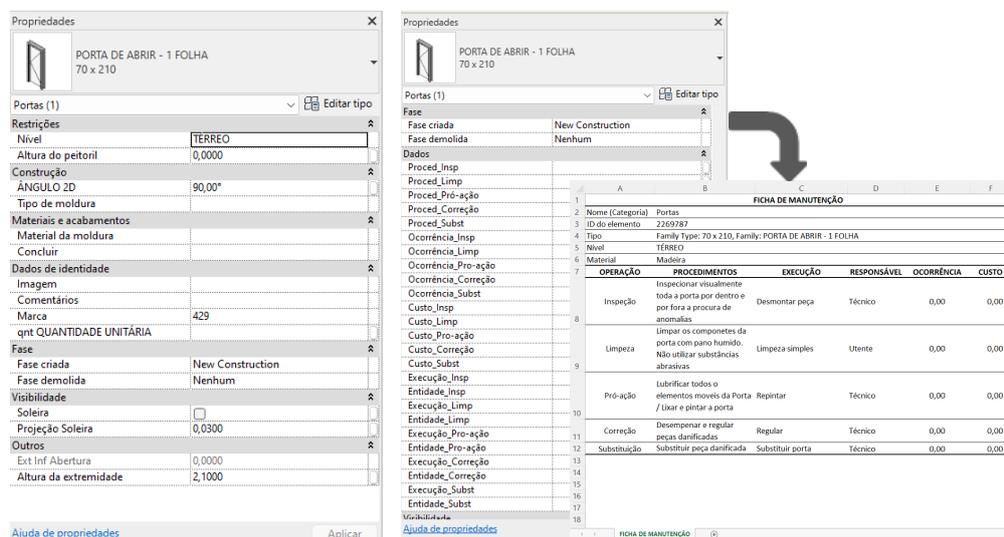


Figura 2
Criação de parâmetros e preenchimento da tabela.

A terceira rotina foi elaborada para mostrar a extração das informações dos parâmetros criados para uma nova folha Excel e foi dividida em três passos. O primeiro passo foi a seleção da lista dos parâmetros criados na folha Base de Dados do arquivo Excel, da mesma maneira como descrito no primeiro e segundo passo da primeira rotina desenvolvida. O segundo passo foi definido para a escolha do EFM e seleção de seus parâmetros através do número ID. O terceiro passo foi a extração das informações dos parâmetros para uma nova folha Excel.

6. Conclusões

O presente artigo buscou uniformizar e integrar as informações de manutenção em modelos BIM, baseadas em seis principais atividades de manutenção: inspeção, limpeza, pró-ação, correção, substituição e termos de utilização. Essas informações foram organizadas em formato de matriz numa base de dados externa e, então, integradas no modelo BIM através do desenvolvimento de rotinas em programação visual no Dynamo. Através das rotinas foi possível criar novos parâmetros nos EFM, importar e exportar informações de manutenção no modelo BIM. As informações exportadas podem resultar em documentos de manutenção devidamente organizados e formatados, em vez de um simples arquivo Excel, sendo a base para planos, manuais e cronogramas de manutenção. De acordo com os objetivos alcançados no presente artigo, trabalhos futuros também podem considerar a aplicação dos conteúdos de manutenção em outros EFM do edifício para avaliar a sua viabilidade prática. A intenção geral, entretanto, é verificar a capacidade de gestão da informação no modelo BIM desenvolvido.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado por: Financiamento Base – UIDB/04708/2020 e DOI 10.54499/UIDB/04708/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDB/04708/2020>) da Unidade de Investigação CONSTRUCT – Instituto de I&D em Estruturas e Construções – financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

Referências

- [1] Y. Bouabdallaoui, Z. Lafhaj, P. Yim, L. Ducoulombier, and B. Bennadji, “Natural language processing model for managing maintenance requests in buildings,” *Buildings*, vol. 10, no. 9, pp. 1-12, 2020, doi: 10.3390/BUILDINGS10090160.
- [2] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 3rd ed. Hoboken: Wiley. ISBN: 978-1-119-28753-7, 2018.
- [3] S. N. Naghshbandi, “BIM for Facility Management: Challenges and Research Gaps,” *Civ. Eng. J.*, vol. 2, no. 12, pp. 679-684, 2016, doi: 10.28991/cej-2016-00000067.
- [4] H. B. Cavka, S. Staub-French, and E. A. Poirier, “Developing owner information requirements for BIM-enabled project delivery and asset management,” *Autom. Constr.*, vol. 83, no. September 2016, pp. 169-183, 2017, doi: 10.1016/j.autcon.2017.08.006.

- [5] Y. C. Lee, C. M. Eastman, and W. Solihin, "Rules and validation processes for interoperable BIM data exchange," *J. Comput. Des. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 97-114, 2021, doi: 10.1093/jcde/qwaa064.
- [6] S. S. Liu and M. F. A. Arifin, "Preventive maintenance model for national school buildings in indonesia using a constraint programming approach," *Sustain.*, vol. 13, no. 4, pp. 1-25, 2021, doi: 10.3390/su13041874.
- [7] N. Dzulkifli, N. N. Sarbini, I. S. Ibrahim, N. I. Abidin, F. M. Yahaya, and N. Z. Nik Azizan, "Review on maintenance issues toward building maintenance management best practices," *J. Build. Eng.*, vol. 44, no. October 2020, p. 102985, 2021, doi: 10.1016/j.jobe.2021.102985.
- [8] Y. Bouabdallaoui, Z. Lafhaj, P. Yim, L. Ducoulombier, and B. Bennadji, "Predictive maintenance in building facilities: A machine learning-based approach," *Sensors (Switzerland)*, vol. 21, no. 4, pp. 1-15, 2021, doi: 10.3390/s21041044.
- [9] A. L. Olanrewaju, S. H. Tee, P. I. Lim, and W. F. Wong, "Defect management of hospital buildings," *J. Build. Pathol. Rehabil.*, vol. 7, no. 1, 2022, doi: 10.1007/s41024-021-00159-6.
- [10] D. Besiktepe, M. E. Ozbek, and R. A. Atadero, "Identification of the criteria for building maintenance decisions in facility management: First step to developing a multi-criteria decision-making approach," *Buildings*, vol. 10, no. 9, 2020, doi: 10.3390/BUILDINGS10090166.
- [11] NP EN 15221-4, "Facility Management – Part 4: Taxonomia, Classificação e Estruturas em Facility Management," 2011.
- [12] S. T. Matarneh, M. Danso-Amoako, S. Al-Bizri, M. Gaterell, and R. Matarneh, "Building information modeling for facilities management: A literature review and future research directions," *J. Build. Eng.*, vol. 24, no. October 2018, p. 100755, 2019, doi: 10.1016/j.jobe.2019.100755.
- [13] "International Organization for Standardization. Building construction: service life planning: ISO 15686:2014 – Geneva : ISO. 2014."
- [14] ISO15686-4:2014, "Building Construction. Service Life Planning. Patr 4: Service Life Planning using Building Information Modelling".
- [15] EN13306, "Maintenance Terminology." European Standard. CEN (European Committee for Standardization), Brussels, 2017.
- [16] EN13460, "Maintenance – Documentation for maintenance," 2009.
- [17] E. A. Pärn, D. J. Edwards, and M. C. P. Sing, "The building information modelling trajectory in facilities management: A review," *Autom. Constr.*, vol. 75, pp. 45-55, 2017, doi: 10.1016/j.autcon.2016.12.003.

- [18] R. Jang and W. Collinge, "Improving BIM asset and facilities management processes: A Mechanical and Electrical (M&E) contractor perspective," *J. Build. Eng.*, vol. 32, no. April, p. 101540, 2020, doi: 10.1016/j.job.2020.101540.
- [19] R. M. G. C. Rodrigues, "Gestão de edifícios : Modelo de Simulação Técnico-económica.," PhD Thesis. Porto: Faculty of Engineering of University of Porto, 2001.