

BIM NA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS – ESTADO DA ARTE E PERSPETIVAS FUTURAS

Marcio Morton Silva ⁽¹⁾, João Pedro Couto ⁽¹⁾

(1) Universidade do Minho, Guimarães

Resumo

A metodologia *Building Information Modeling* já se encontra amplamente difundida no meio académico e profissional da indústria Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). No entanto, o maior esforço de adoção e implementação do BIM ainda se concentra nas fases de projeto e execução das obras. Tendo em conta que a fase de uso das edificações Operação e Manutenção (OM) é aquela que corresponde a maior parte do tempo, de recursos financeiros, e impactos ambientais, considerando todo o ciclo de vida (CV), a transferência das informações geradas e utilizadas nas fases anteriores pode ser considerada de grande valor para os utilizadores/operadores. O BIM FM (*Facility Management*) aplicado à OM constitui uma abordagem para que os proprietários, usuários e operadores das edificações possam desfrutar de um empreendimento completamente eficiente e o mais sustentável possível. O grande desafio para que o BIM FM aplicado à OM possa ser implementado de forma mais efetiva e eficiente é a capacidade integrativa que todos os stakeholders necessitam possuir para que o fluxo de informações seja pleno.

Neste contexto, entende-se ser oportuno fazer um ponto de situação relativamente aos estudos realizados, e em curso, que possibilite identificar as problemáticas e desafios inerentes a este processo e que têm impedido uma mais ampla e generalizada implementação do BIM neste fase do ciclo de vida das edificações. Com este artigo procura-se assim avaliar o estado da arte, inferindo as respetivas conclusões, bem como identificar as linhas de pesquisa atualmente em curso neste campo, e os desafios e perspetivas a serem seguidas e estudadas futuramente face à sua pertinência e necessidade.

1. Introdução

Atualmente a preocupação ambiental tem sido cada vez mais recorrente em todos os setores, em especial na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Neste sentido, a academia busca ferramentas e metodologias que sejam capazes de demonstrar aos stakeholders

alguns dos impactos negativos significativos e, assim, minimizar os efeitos/impactos decorrentes dos processos que a Indústria AEC gera, seja durante a extração dos recursos naturais e transportes, seja na utilização destes recursos, no uso e operação e inclusive ao final do ciclo de vida [1].

O CV de uma edificação é extenso e contempla vários períodos. Segundo Ordem dos Arquitectos (2016) o ciclo de vida de um edifício inclui todas as etapas da sua existência e baseia-se numa linha temporal, organizada em sete etapas sequenciais (Iniciativa, Início, Projecto, Concurso de Seleção, Obra, Uso da construção e Fim de vida).

A metodologia BIM já amplamente difundida no meio académico e profissional, surge como um meio auxiliar para prover mecanismos de melhoramento no processo construtivo bem como na gestão da informação gerada, modificada, consolidada e operada para fins construtivos.

O BIM é uma metodologia suportada mediante uso de tecnologia para gestão de informação que, num ambiente colaborativo é capaz de visualizar tridimensionalmente um empreendimento nas suas diversas fases. Dessa forma, é capaz de minimizar a incerteza, melhorar o planeamento e o controlo, e ainda analisar e apoiar a solução de eventuais problemas que possam vir a ocorrer [3].

A gestão de edifícios é uma porção de conhecimento que abarca as atividades relacionadas com as operações diárias do edifício, a administração de serviços, o planeamento estratégico, e a gestão de manutenção [4].

Com a finalidade de aprimorar a eficiência das atividades de cada organização, o *Facility Management* (FM) consiste numa gestão integrada com um nível estratégico e tático de modo a combinar os locais físicos, os participantes e a gestão de processos [5]. FM é definido como algo que representa uma abordagem integrada para melhorar, manter e adaptar os edifícios de uma entidade para desenvolver um ambiente fértil que apoie os principais objetivos dessa organização [6], [7].

Consequentemente, a aplicação da metodologia BIM no FM consiste, na gestão das instalações com recurso às funcionalidades proporcionadas pelo modelo BIM, como modelo geométrico e paramétrico que possui todos os dados necessários de todos os seus componentes [8].

Segundo Pärn et al., [9] existe uma lacuna na literatura no tocante ao BIM associado com a gestão de ativos. Além disso, levando em conta que o FM é objeto de análise e avanço desde meados do século passado [10] e que o BIM é objeto de constante evolução e aprimoramento, tenciona-se com esse estudo uma apresentação do estado da arte relacionada ao BIM FM aplicado à OM, às linhas de pesquisa associadas e aos desafios e perspectivas a serem seguidas e estudadas futuramente face à sua pertinência e necessidade.

2. Conceitos

O ciclo de vida de uma edificação contempla todas as etapas, que envolve desde o planeamento, o projecto, a execução da obra, bem como a operação e manutenção do empreendimento, indo até à sua demolição, ou reabilitação, para se iniciar um novo ciclo. Nesse contexto, é relevante salientar a importância do elemento “Informação” ao longo do ciclo de vida da edificação.

A introdução e uso do paradigma BIM, implica num processo que propõe significativas mudanças na indústria da construção civil, nomeadamente no que diz respeito ao processo colaborativo, que representa um papel fundamental no desenvolvimento dessa metodologia.

Modelos BIM descrevem a geometria tri-dimensional, objetos e os atributos de uma instalação física. A parte central concentra-se na geometria construtiva, todavia BIM também é uma base ordenada de informações de dados não-gráficos que fornece informações detalhadas sobre os componentes da edificação [11]. No modelo BIM, uma parede é de fato um elemento parede, com visualização realista e atributos associados a ela, diferentemente da abordagem tradicional, na qual a representação gráfica de linhas em formato 2D tinham como finalidade a interpretação de um elemento construtivo associado.

De maneira distinta que os modelos 3D elaborados por softwares CAD na qual se inserem apenas informações geométricas nas três dimensões, sem qualquer referência adicional, os modelos BIM representam a edificação em 3D como uma amostra, com a sua exibição organizada segundo pavimentos, paredes, tetos, coberturas, janelas, portas, espaços/zonas e outros elementos construtivos com dados associados a cada um dos elementos [12].

De acordo com a *International Facility Management Association - IFMA*, [13] *Facility Management* é uma área do conhecimento que abrange várias disciplinas para garantir a funcionalidade do ambiente construído, por meio da integração de pessoas, lugares, processos e tecnologias. Já a gestão de ativos consiste num processo globalizado de tomada de decisão, planeamento e controlo quanto à aquisição, uso, proteção e eliminação de ativos, com o fim de majorar o seu potencial de resposta em serviço e benefícios e minimizar os riscos e os custos que lhes estão associados ao longo de sua existência [8]. Gerenciamento de ativos é definido como o esforço de uma empresa ou organização para medir e cumprir o valor fornecido por todos os seus ativos, tangíveis e intangíveis. O gerenciamento de instalações (FM), por outro lado, é restrito a ativos físicos que são utilizados e suportam a operação diária do negócio [14]. O processo de informatização aperfeiçoa a captura e recuperação de informações de ativos, todavia a captura de conhecimento e a análise automatizada de dados nos sistemas de *computer aided facilities management* – CAFM são limitadas [9]. Segundo [9] as ferramentas CAFM já estabelecidas são: *computer aided design* (CAD), *integrated workplace management systems* (IWMS), *enterprise asset management* (EAM) e *computerised maintenance management systems* (CMMS), e que apesar de esses sistemas possuírem capacidades e funções diferentes, uma condição vital para a implementação dos sistemas CAFM é que a organização reconheça que bases de dados são o seu ativo mais valioso.

Para que haja uma adequada interligação entre o modelo BIM e os softwares componentes do CAFM, o protocolo COBIE - *construction operations building information exchange* surgiu como um modo de provisão da interoperabilidade dos softwares. Segundo [15], COBIE facilita a troca de informação entre a equipe de obra e o proprietário. O autor ressalta que COBIE lida com manutenção e operação de edificações, bem como sobre dados mais gerais sobre gestão de edifícios e tem como objetivos:

- a. apresentar um formato simplificado para troca de informações em tempo real para entregas de projetos existentes e contratos de obras,
- b. identificar de modo inequívoco as responsabilidades e os requisitos dos processos de negócios,
- c. provisionar uma estrutura de armazenamento de informações para troca/recuperação posterior,
- d. não criar custos adicionais para operação e manutenção,
- e. permitir importação direta para os sistemas proprietários de gerenciamento de edificações.

O protocolo COBIE é capaz de organizar o fluxo de trabalho em tarefas que necessitam ser documentadas na etapa de comissionamento em um formato comum de serviços. Cada serviço é identificado quanto: ao tipo de trabalho, procedimentos de inicialização, manutenção preventiva e procedimentos de operações de emergência. O autor salienta que COBIE também contempla informações sobre: (1) termos de garantia, (2) documentação técnica, (3) informações do fiador e (4) informações sobre peças consumíveis e de reposição [16].

Quando se considera a extensão da documentação necessária à manutenção e operação da maioria das edificações é evidente que a eficiência do acesso, armazenamento e a atualização dessa informação é de relevante importância [16]. O autor relata que a maioria das edificações existentes dispõem dessas informações armazenadas no formato de papel, sob a forma de plantas, catálogos com informações de cada equipamento, pastas de arquivos com registros de manutenção, etc. Tais documentos em geral, não dispõem de acesso facilitado e quando necessários consomem elevado tempo para aquisição e análise.

Uma mais valia do BIM ao nível do FM consiste na consolidação e tratamento de dados, permitindo aos responsáveis pela gestão das infraestruturas organizar e controlar a informação do seu ciclo de vida e integrar, num modelo único, a gestão dos seus diferentes sistemas internos (e.g. manutenção, segurança, eficiência energética e fluxos de pessoas) [17], para uma análise de custos ao longo do ciclo de vida do empreendimento, um eficiente FM é determinante.

A abordagem desse trabalho será dividida em dois segmentos: BIM aplicado a edificações novas e BIM aplicado a edificações existentes, pelo fato de serem duas vertentes distintas de como os modelos BIM são obtidos.

Em ambos os casos, a efetividade das ações tomadas para a obtenção do modelo BIM se concentra no seguinte: como o BIM será usado para a modelagem e captura de dados e geometria, que dados serão gerados e por quem durante a fase de projeto, construção e comissionamento, quais os padrões de nomenclatura serão utilizados, como os dados serão organizados de modo que possam ser conectados com os sistemas FM utilizados na edificação, e por fim como a equipe de FM deve se envolver para a maximização e eficácia dos resultados [18].

3. Uso do BIM em construções novas e existentes

3.1. BIM aplicado em edificações novas

A metodologia BIM voltada para edificações novas tem a sua gênese na concepção inicial do projeto, no desenvolvimento concomitante do modelo BIM ao longo da construção ou mesmo na criação do modelo BIM pós-construção.

Para [15], os benefícios advindos do BIM para edificações novas são: pré-construção, projeto, construção/fabricação e pós-construção. O autor ressalta que a abordagem projeto-construção-operação tradicional tende a ter uma perda considerável de informação, conforme demonstra na Figura 1.

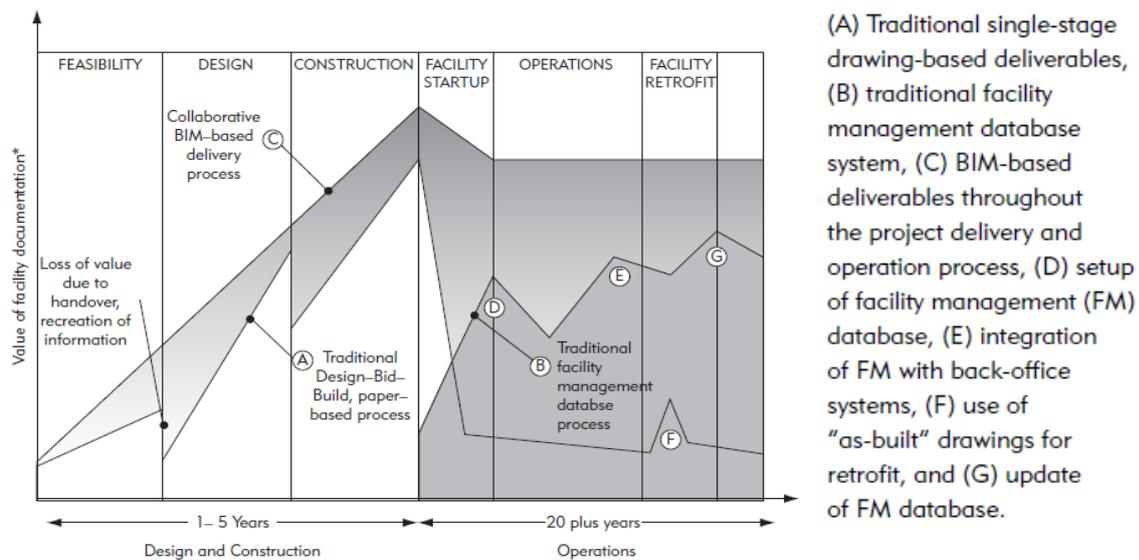


Figura 1: Ciclo de vida da propriedade [15].

Infere-se da Figura 1 que o processo colaborativo desempenha papel fundamental no ciclo de vida da edificação, e que as equipes de operação e manutenção devem compor o time de projeto, desde a concepção inicial.

Segundo Succar (2009)[19], os projetos de obras passam pelas três fases mais importantes do ciclo de vida de uma , que são: (P) projecto, (C) construção e (O) operação, com o detalhamento de cada fase conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Fases do ciclo de vida de um projeto e sub-fases [19]

Fase de projeto	Fase de construção	Fase de operação
P1 – Conceito, programação e planeamento financeiro	C1 -Planeamento da construção e detalhe da construção	O1 – Ocupação e operação
P2 – Projetos Arquitetónico, estrutural e de instalações prediais	C2 – Construção, fabrico e compras	O2 – Gerenciamento de ativos e manutenção da propriedade
P3 – Análise, detalhe coordenação e especificação	C3 – ativação, <i>as-built</i> e entrega	O3 – desativação e reprogramação importante

O autor ressalta que a maturidade BIM pode ser dividida em três estágios, de acordo com a Figura 2.



Figura 2: Maturidade BIM [19].

Para que a fase operativa de uma edificação possa ter mais efetividade, o estágio 3 é aquele no qual os modelos integrados semanticamente ricos são criados, compartilhados e mantidos colaborativamente durante todo o ciclo de vida [19], ver Figura 3.

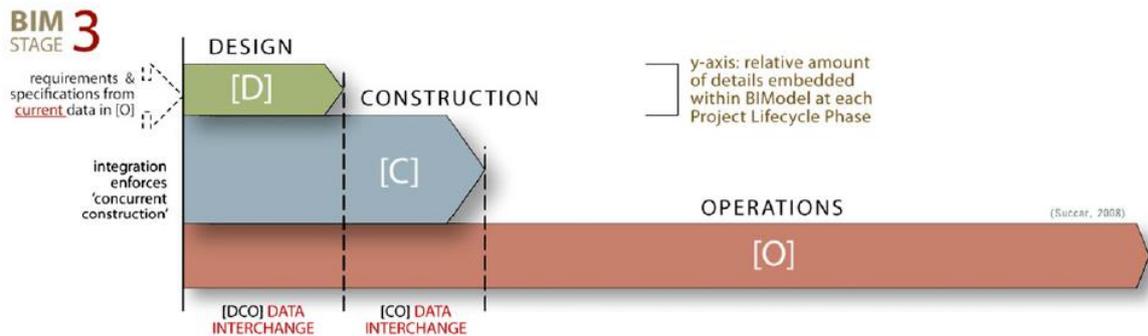


Figura 3: Fases do ciclo de vida do projeto no estágio 3 [19].

Segundo [20], dentre os protocolos de interoperabilidade, o COBIE denota ser um padrão para acesso e troca de informação paramétrica relacionada com os ativos de uma organização.

O protocolo COBIE encontra-se no formato digital e pode ser utilizado para compatibilizar, reunir e partilhar os documentos gerados na concepção do edificação [20].

COBIE suporta o compartilhamento de informações entre as diversas ferramentas FM, BIM, CMMS e CAFM, permite a padronização de todas as informações necessárias ao FM e demonstra ser em termos de custo benefício o modo mais vantajoso para a transferência de dados pós-obra para os sistemas FM [21].

3.2. BIM aplicado em edificações existentes

Apesar de a maior aplicabilidade para a metodologia BIM ainda se concentrar nas atividades voltadas para as edificações novas, não se pode negar que a maior porção do parque construído é constituída de edificações existentes e já em funcionamento. Portanto, a compreensão das técnicas e métodos para a melhor utilização da metodologia BIM pode trazer benefícios à fase de uso da edificação.

No contexto do BIM-FM para edificações existentes, muitos benefícios já tem sido verificados tais como: gerenciamento aprimorado do inventário, otimização do espaço, gestão do conforto e redução nos custos [22]. Eles têm sido demonstrados em diversos outros trabalhos.

Segundo [22] a geração de elementos mediante a metodologia BIM para edificações existentes é um tópico corrente das pesquisas, sendo que a maioria insere-se nos seguintes três campos: (1) laser scanning e fotogrametria para modelos com nível de detalhe elevado, (2) conversão dos modelos geométricos 3D para o BIM, e (3) conversão automatizada de desenhos 2D para 3D BIM.

3.2.1. Laser scanning

O laser scanning consiste numa técnica na qual se efectua um procedimento mediante o uso de instrumentos de varredura a laser que colectam dados de alta precisão (+/- 3 mm) a 500.000 pontos por segundo, fornecendo milhares de medições em três dimensões chamadas nuvens de

pontos. Como resultado, obtém-se uma representação digital organizada de um objecto que é entregue com rapidez, eficiência e precisão [23].

As tecnologias de scanning a laser 3D e de fotogrametria são as tecnologias de digitalização mais empregadas para levantamentos de edificações, e apesar das diferenças de custo dos equipamentos e processos de detecção, são sistemas de aquisição tridimensionais, automatizados e sem contato como o objeto analisado, e que usam sensores baseados em ondas de luz para a medição, directa ou indirecta, do objeto [24].

Como benefícios do laser scanning tem-se: (1) rápida colecta de dados, (2) dados completos, (3) registo imediato do arquivo de dados e medições acessíveis, (4) opera remotamente e em locais de difícil acesso, (5) maior segurança, e (6) colecta dados de ambientes complicados [23].

3.2.2. Conversão dos modelos geométricos 3D para o BIM

No tocante à conversão dos modelos geométricos 3D para BIM, Janssen et al. (2016) [25] desenvolveram uma abordagem semiautomática de materialização de modelos conceituais 3D mediante o uso do formato IFC. Segundo pesquisa dos autores, essa abordagem consistiu em três etapas para converter um modelo conceitual 3D usando Linguagens de programação visual (VPL) conforme demonstrado na Figura 4.

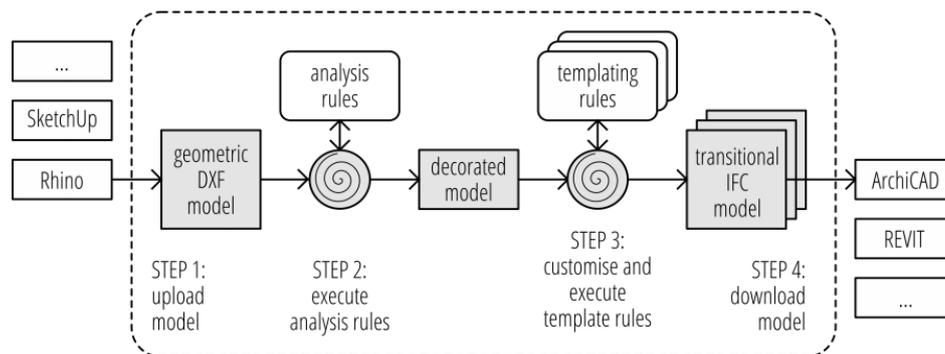


Figura 4: Fluxo de operações para conversão de sólidos 3D para BIM [25].

A geração automatizada de elementos construtivos BIM a partir de desenhos 2D é um assunto crescente na pesquisa devido à necessidade de uma abordagem simplificada [22].

3.2.3. Conversão automatizada de desenhos 2D para 3D BIM

Relativamente à conversão automatizada Gimenez et al. (2016) [26] desenvolveram uma metodologia de conversão de desenhos 2D para modelos BIM 3D. O processo de geração do modelo BIM segue as seguintes etapas, conforme Figura 5.

1. Geração de um plano 2D, a partir do escaneamento do projeto em papel (plantas baixas, alçados, cortes).
2. Criação de elementos construtivos a partir do reconhecimento dos elementos gráficos escaneados.
3. Geração do modelo BIM

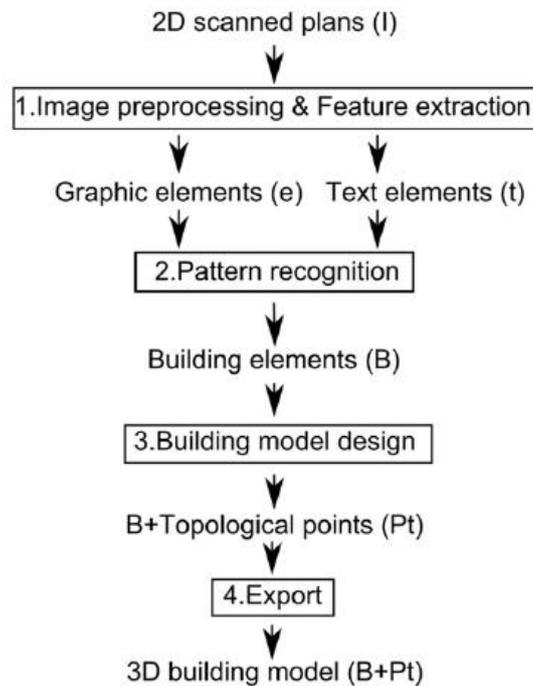


Figura 5: Processo geral para converter um plano digitalizado 2D em um modelo de construção 3D.

No estudo ora mencionado, os autores apresentaram resultados expressivos quanto a capacidade de identificação dos elementos construtivos, áreas e identificação de ambientes.

Com base na conversão dos projetos existentes em papel para modelos 2D, os autores desenvolveram mediante protótipo uma ferramenta para conversão dos 2D's capturados para modelos 3D BIM, com o uso de linguagem C++ e uma abordagem matemática para identificar elementos das paredes e aberturas.

A avaliação de rendimento do processo desenvolvido por Gimenez et al. (2016) demonstrou que o processo possui elevada eficiência, tendo em vista que nas experiências realizadas 63% das aberturas (portas e janelas) são adequadamente reconhecidos e 86% dos elementos lineares de paredes são bem identificados.

4. Considerações finais

A partir do levantamento de informação efetuado pode-se inferir que em relação aos processos relacionados a edificações novas, para alcançar um BIM no estágio 3 é necessário que a equipa da operação esteja integrada na equipa de desenvolvimento do projeto e obra desde o início.

Segundo East (2013) as atividades que são baseadas em tarefas e que necessitam ser documentadas na entrega da obra num formato comum de operações é normalmente organizado por meio do COBIE.

No entanto, embora alguns académicos exponham as virtudes do COBIE, existem indícios que sugerem que essa solução única não é bem recebida pelos utilizadores sendo que o entendimento geral é de que há pouco valor na coleta de dados para fins de FM.

No que concerne aos processos de captura de dados de edificações existentes, o laser scanning ainda permanece como uma alternativa que possui custos elevados e de implementação tecnológica que envolve muitos recursos. Apesar desse aspecto, recentemente Sanhudo et al. (2020) efetuaram a modelagem de uma estação de ônibus remodelada mediante a utilização do laser scanning. Os autores enfatizam que além da modelagem atual da edificação ser capaz de dar suporte as atividades do FM, ela também é útil para fins comerciais e de documentação. Com o presente trabalho pode-se inferir que será útil ampliar e aprofundar esta linha de pesquisa no sentido de possibilitar identificar as problemáticas e desafios inerentes aos processos de modelagem de edifícios que têm impedido uma mais ampla e generalizada implementação do BIM neste fase do ciclo de vida das edificações. A identificação de linhas de orientação para os utilizadores será determinante para os utilizadores na seleção dos processos mais apropriados em face das circunstâncias inerentes a cada caso.

Referências

- [1] M. M. F. de Oliveira, A. F. Tavares, and M. A. Mortoni Silva, “Análise do ciclo de vida (LCA) aplicada à estrutura sustentável em projeto residencial,” in *61º Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2019*, 2019, pp. 1–16.
- [2] O. dos Arquitectos, *Manutenção e conservação do edificado*. 2016.
- [3] D. B. Silva, J. Pinto-Faria, and J. C. Lino, “Implementação da metodologia BIM-FM a uma unidade desportiva - piscina olímpica,” in *1º Congresso Português de Building Information Modelling*, 2016, no. 1, pp. 559–566, doi: 10.5281/zenodo.166758.
- [4] C. P. Carvalho, A. A. Costa, and L. M. S. Gonçalves, “A metodologia BIM – Building Information Modeling na Gestão da Manutenção das infraestruturas do Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria,” in *1º Congresso Português de Building Information Modelling*, 2016, pp. 567–577, doi: 10.5281/zenodo.166758.
- [5] BS EN 15221-3, “Facility Management. Guidance on quality in Facility Management.” BSI - British Standards Institution, London, 2012.
- [6] B. Atkin and A. Brooks, *Total Facility Management*, Fourth. Oxford: Wiley-Blackwell, 2015.
- [7] P. Barret and D. Baldry, *Facilities Management: Towards Best Practice*, Second. Hong Kong: Blackwell Science, 2009.
- [8] H. Pina, P. Mota, H. Rodrigues, and F. Rodrigues, “Rentabilização da gestão de ativos de infraestruturas através do BIM,” in *1º Congresso Português de Building Information Modelling*, 2016, no. 1, pp. 579–588, doi: 10.5281/zenodo.166758.
- [9] 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, no. March, pp. 45–55, 2017, doi: 10.1016/j.autcon.2016.12.003.
- [10] A. D. Weise, C. A. Schultz, and R. A. da Rocha, “Facility Management: contextualização e desenvolvimento,” in *11ª Conferência Internacional - LARES*, 2011, doi: 10.15396/lares-2011-543-738-1-rv.
- [11] P. Teicholz, “Introduction,” in *BIM for facility managers*, First., P. Teicholz, Ed. New Jersey: Wiley, 2013, pp. 1–15.
- [12] L. P. Marques, L. M. Santos, and J. P. Couto, “A importância da implementação integrada da filosofia LEAN Construction e do BIM para a melhoria da sustentabilidade

- dos projetos de construção,” pp. 152–156, 2015, doi: 10.14684/SHEWC.15.2015.152-156.
- [13] International Facility Management Association, “What is FM - Definition of Facility Management,” 2020. [Online]. Available: <https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management>. [Accessed: 02-Feb-2020].
- [14] SMARTCSM, “What’s the Difference Between Asset Management and Facilities Management?” [Online]. Available: <https://smartcsm.com/difference-between-asset-management-facilities-management/>. [Accessed: 02-Feb-2020].
- [15] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, 2nd ed. 2011.
- [16] B. East, “Using COBie,” in *BIM for facility managers*, First., P. Teicholz, Ed. New Jersey: Wiley, 2013, pp. 107–144.
- [17] A. R. Antunes, R. Santos, and A. A. Costa, “Interface para a gestão das instalações,” in *1º Congresso Português de Building Information Modelling*, 2016, pp. 547–557, doi: 10.5281/zenodo.166758.
- [18] P. Teicholz, “Owner BIM for FM Guidelines,” in *BIM for facility managers*, First., P. Teicholz, Ed. New Jersey: Wiley, 2013, pp. 47–84.
- [19] B. Succar, “Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders,” Elsevier B.V., Salford, 2009.
- [20] J. P. Couto, W. Dias, and J. C. Lino, “Contributo do BIM como suporte das fases de manutenção e operação de edifícios,” in *1º Congresso Português de Building Information Modelling*, 2016, no. 1, pp. 589–600, doi: 10.5281/zenodo.166758.
- [21] FacilitiesNet, “Focus COBie Benefits for Effective Use of CMMS.” [Online]. Available: <https://www.facilitiesnet.com/software/article/Focus-COBie-Benefits-for-Effective-Use-of-CMMS--14049?source=part>. [Accessed: 04-Feb-2020].
- [22] B. Bortoluzzi, I. Efremov, C. Medina, D. Sobieraj, and J. J. McArthur, “Automating the creation of building information models for existing buildings,” *Autom. Constr.*, vol. 105, no. March, 2019, doi: 10.1016/j.autcon.2019.102838.
- [23] Plowman Craven, “3D Laser Scanning and BIM for Existing Buildings.” [Online]. Available: <https://www.plowmancraven.co.uk/uploads/documents/datasheets/laser-scanning-and-bim-for-existing-buildings.pdf>. [Accessed: 06-Jan-2020].
- [24] E. Dezen-Kempter, L. Soibelman, M. Chen, and A. V. Müller, “Escaneamento 3D a laser, c fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas,” *Gestão Tecnol. Proj.*, vol. 10, no. 2, p. 113, 2015, doi: 10.11606/gtp.v10i2.102710.
- [25] P. Janssen, K. W. Chen, and A. Mohanty, “Automated Generation of BIM Models,” *eCAADe*, vol. 2, pp. 583–590, 2016.
- [26] L. Gimenez, S. Robert, F. Suard, and K. Zreik, “Automatic reconstruction of 3D building models from scanned 2D floor plans,” *Autom. Constr.*, vol. 63, pp. 48–56, 2016, doi: 10.1016/j.autcon.2015.12.008.
- [27] L. Sanhudo *et al.*, “A framework for in-situ geometric data acquisition using laser scanning for BIM modelling,” *J. Build. Eng.*, vol. 28, no. November 2019, 2020, doi: 10.1016/j.jobte.2019.101073.