



A INTEROPERABILIDADE NO PROCESSO BIM: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS DE CAPTURA E CONVERSÃO DE DADOS CONSTRUTIVOS PARA MANUTENÇÃO DE EDIFICAÇÕES EXISTENTES

Marcela Pereira*

Universidade de Brasília/Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/Brasília/Brasil

Leonardo Inojosa

Universidade de Brasília/Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/Brasília/Brasil

RESUMO

O BIM-Building Information Modeling é um processo de troca de informações que se destaca por otimizar o planejamento de intervenções e o aprimoramento da tomada de decisão na gestão e manutenção da edificação; destaca-se também por possibilitar a colaboração simultânea dos profissionais envolvidos no projeto. O uso desta metodologia na manutenção de edificações existentes, tanto para reforma e restauração, como para a modernização sustentável, possibilita a documentação dos aspectos construtivos da edificação, a produção de inventários que levem em conta requisitos de manutenção e uma gestão dinâmica frente às modificações realizadas ao longo do ciclo de vida da edificação. Tendo em vista as vantagens acima citadas a respeito do uso do BIM para manutenção, esta pesquisa tem como foco principal a avaliação de métodos de captura e conversão de dados, a partir de uma revisão bibliográfica, para a gestão e manutenção de edifícios existentes, visando a maior interoperabilidade do processo. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica a respeito da tecnologia BIM e as possíveis formas de captura e coleta de dados de edifícios existentes, e então, a partir da leitura e análise das referências, foram identificadas as vantagens e desvantagens dos principais métodos de captura encontrados, levando em conta fatores como custo, aplicabilidade, tempo e nível de precisão, além de avaliar os entraves existentes quanto à interoperabilidade do processo. Dentre os métodos de captura de informações mais utilizados estão o laser scanner, a fotogrametria e a digitalização 2D. Foi possível perceber que o uso do BIM para gestão e manutenção de edifícios, por ser pouco disseminado, ainda apresenta muitos entraves. Os métodos de captura de informações construtivas de edificações existentes ainda se encontram em desenvolvimento, apresentando diferentes limitações, especialmente na captura de fachadas complexas.

PALAVRAS-CHAVE: BIM. Interoperabilidade. Documentação. Manutenção. As-built.

ABSTRACT

BIM-Building Information Modeling is an information exchange process that stands out for optimizing intervention planning and improving decision-making in building management and maintenance; it also stands out for enabling the simultaneous collaboration of the professionals involved in the project. The use of this methodology in the maintenance of existing buildings, both for refurbishment and restoration, as well as for sustainable modernization, enables the documentation of the constructive aspects of the building, the production of inventories that consider maintenance requirements and a dynamic management of the changes made throughout the life cycle of the building. In view of the advantages mentioned above regarding the use of BIM for maintenance, this research has as its focus the evaluation of data capture and conversion methods, based on a bibliographical review, for the management and maintenance of existing buildings, aiming at greater process interoperability. For this, a bibliographical review was carried out regarding BIM technology and the possible ways of capturing and collecting data from existing buildings, and then from the reading and analysis of the references,

*Autor correspondente: marfnpenc@gmail.com



the advantages and disadvantages of the main capture methods found were identified, considering factors such as cost, applicability, time and level of precision, in addition to assessing the existing barriers regarding the interoperability of the process. Among the most used methods of capturing information are the laser scanner, photogrammetry and 2D scanning. It was possible to perceive that the use of BIM for management and maintenance of buildings because it is not widespread, still presents many obstacles. Methods for capturing constructive information from existing buildings are still under development, presenting different limitations, especially in capturing complex facades.

KEYWORDS: BIM. Interoperability. Documentation. Maintenance.As-built.

1. INTRODUÇÃO

O BIM-Building Information Modeling é, segundo Eastman et al. (2014, p. 13), “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”. A metodologia BIM tem como vantagem fundamental o processo de informatização e integração das frentes de projeto, englobando todas as etapas do projeto. Para que isso seja possível, o processo de intercâmbio de dados entre os colaboradores e softwares deve ser eficaz, evitando perda de informações, reduzindo problemas de compatibilização e o retrabalho. Dessa forma, um dos pilares desta metodologia é a interoperabilidade que, novamente de acordo com Eastman et al. (2014), consiste na característica de permitir a transferência de informação entre múltiplos softwares, possibilitando assim a colaboração simultânea de todos os profissionais envolvidos no projeto. De acordo com o Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva, “a questão da interoperabilidade será um dos desafios mais importantes dessa nova era da cadeia produtiva da construção, a Era BIM, sobretudo porque ela pressupõe um trabalho colaborativo, que envolve muitas etapas, pessoas e ferramentas” (SINAENCO, 2020).

No que tange à etapa de operação e manutenção, no caso de edifícios existentes, o BIM apresenta um grande potencial por possibilitar não só a documentação dos aspectos construtivos e geométricos da edificação, mas também a oportunidade de “produzir um inventário abrangente que considere os requisitos de manutenção peculiares destas edificações, incluindo documentação sobre o ciclo de vida do edifício até o presente estado” (DEZEN-KEMPTER et al., 2015, p. 114). Além de ajudar a promover uma gestão dinâmica frente a reformas e modificações realizadas ao longo do ciclo de vida da edificação.

Quando tratamos a respeito da gestão e manutenção de edifícios existentes, o processo de obtenção de dados é um importante passo na criação de modelos, para que seja possível obter um modelo fiel ao as-built e com o máximo de detalhes possível de modo a obter uma análise e monitoramento mais completos. Porém, na maioria das vezes, estamos lidando com edifícios construídos antes mesmo da era CAD, com pranchas impressas ou feitas à mão. Nesses casos, destaca-se a dificuldade da obtenção dos dados, visto que com frequência a informação existente não é conhecida ou não é acessível, e, por vezes, apesar de acessível não apresenta a qualidade esperada, gerando um retrabalho desnecessário e perda de tempo. Além dos entraves citados, a informação contida nas pranchas também pode se mostrar incompatível com o estado real do edifício, por exemplo, devido às reformas e às manutenções não registradas, sendo necessária a utilização de ferramentas alternativas para se obter as informações construtivas da edificação por completo. Também é essencial que essas informações estejam disponíveis em formato digital para que seja utilizado em softwares BIM, o que, como citado anteriormente, em regra não é a realidade.

No caso da possibilidade de acesso a plantas baixas de boa qualidade, temos a solução da digitalização das mesmas, para posteriormente convertê-las em modelos 2D, 3D e, por fim, em um modelo compatível com softwares BIM. Porém não existindo projetos originais, a alternativa é realizar um levantamento. Nesse processo é realizada uma engenharia reversa, em que, a partir de um objeto já existente, são obtidas informações para se reconstruir e interpretar a ideia original do projeto, de acordo com Dezen-Kempter et al. (2015). Porém, esse é um processo extremamente trabalhoso. Nesse sentido, os sistemas de aquisição tridimensionais automatizados, como as tecnologias

de laser scanning e fotogrametria têm auxiliado na realização de levantamento de edificações por possibilitarem a aquisição de informações sem o contato com a edificação e sem a necessidade de medições manuais, por se basearem na digitalização através de sensores que utilizam ondas de luz para realizar a medição de distâncias, direta ou indiretamente.

Vencidas as etapas de obtenção dos dados construtivos e digitalização dos mesmos, é necessária a realização de processos de conversão dos arquivos obtidos para formatos compatíveis com softwares BIM. Além disso, como destacam Kehl e Isatto (2011) é de grande importância que esses formatos sejam compatíveis e interligados entre si, de forma a garantir a interoperabilidade. Nesse contexto, o formato IFC (Industry Foundation Classes), que consiste em um modelo padronizado, internacional e aberto (ISO 16739-1:2018), pois “ainda é tido como a melhor alternativa para permitir a interoperabilidade entre aplicações utilizadas na BIM” (Ayres e Scheer, 2009, pg. 135).

Nesse sentido, o presente trabalho pretende realizar o estudo e a avaliação de métodos de captura e conversão de dados construtivos de edificações existentes, projetadas na era pré BIM, identificando os entraves e dificuldades, por meio de uma revisão sistemática da bibliografia, comparando os diferentes métodos de captura já testados, visando a maior interoperabilidade do processo de criação de modelos BIM para a gestão e manutenção de edifícios existentes.

2. OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é indicar os processos de captura e conversão de dados que promovem um melhor aproveitamento das informações de edificações existentes, evitando erros e perdas durante o processo, visando a interoperabilidade. Com isso, busca-se apontar procedimentos mais viáveis, que tornem o processo de obtenção de dados mais prático para o acompanhamento e a manutenção de edifícios existentes em softwares BIM.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa consiste em uma pesquisa bibliográfica, com foco em uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório a respeito dos métodos de captura de dados construtivos e conversão de dados. Para tal, a pesquisa foi dividida

em 3 etapas: revisão sistemática, análise das referências e estudo comparativo. Primeiramente, foi realizada uma revisão sistemática a respeito das possíveis formas de levantamento e coleta de dados de edifícios existentes e métodos de conversão desses dados para arquivos compatíveis com BIM.

De modo a direcionar a busca por artigos, foram utilizadas palavras-chaves (em português e em inglês) como BIM, interoperabilidade, documentação, manutenção e métodos de captura, assim foram selecionados as referências relacionadas ao assunto, baseando-se em títulos e palavras-chaves. Além disso, foi levado em conta o período da publicação, já que, por se tratar de uma pesquisa a respeito de tecnologias relativamente novas e que ainda se encontram em processo de evolução, pesquisas mais antigas poderiam afetar os resultados devido à desatualização ou até mesmo inexistência de softwares e equipamentos. Dito isso, a busca foi limitada à pesquisas realizadas na última década, com poucas exceções dentre as bibliografias adicionadas em um segundo momento para complementar informações. Foram feitas pesquisas por meio das plataformas como Google Scholar, SciELO e Elsevier, além de repositórios de universidades nacionais e internacionais, periódicos, revistas e publicações em eventos.

Após essa etapa, foi realizada uma filtragem por meio da leitura dos resumos e abstracts, selecionando as referências entre artigos, manuais, pesquisas e estudos de caso, cujo os assuntos abrangiam mais especificamente os temas tratados na pesquisa. Também, nesta primeira etapa, foi possível definir os métodos de captura mais utilizados, baseado na alta recorrência dos mesmos dentre as bibliografias encontradas.

Já na terceira etapa, foi realizada a leitura completa das referências selecionadas e uma espécie fichamento das mesmas para extração das informações mais importantes. Durante a leitura dos artigos, foram absorvidas à pesquisa mais algumas bibliografias complementares, como comentado anteriormente, que estavam entre as citações.

A partir da análise das informações fichadas, foram identificadas as principais vantagens e desvantagens dos principais métodos de captura encontrados, através do cruzamento dos resultados de levantamentos realizados utilizando os diferentes métodos. Para tanto, foram levados em conta fatores como custo, aplicabilidade, tempo gasto e nível de precisão. Além disso, foram avaliados os entraves existentes quanto à interoperabilidade na utilização de softwares para a manutenção de edifícios, bem

como as soluções propostas pelos autores para os problemas identificados. Por fim, as informações analisadas possibilitaram a realização de um estudo comparativo entre métodos e bibliografias.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Digitalização de plantas 2D

Nos casos em que é possível se obter plantas 2D e documentos originais da edificação, existe a possibilidade de utilizar o método de digitalização destes documentos, porém entre a imagem digitalizada e o modelo BIM, existe um longo caminho. Nesse sentido, é possível encontrar algumas bibliografias que tratam a respeito da conversão de imagens para modelos BIM de forma prática, sem a necessidade do desenvolvimento de um modelo do zero. Matias e Palha (2021), por exemplo, se propõem a desenvolver em seu artigo uma metodologia de conversão de imagens rasters 2D, com o intuito de obter um arquivo IFC que seja compatível com softwares BIM, utilizando métodos computacionais em linguagem Python. A partir de um plug-in de edição de imagens e outro, de manipulação de arquivos IFC, disponíveis em bibliotecas Python, foi possível criar um programa de limpeza e edição de imagem para tornar as linhas do documento 2D mais nítidas e identificáveis, como em um modelo CAD, e utilizando o segundo plug-in, foi possível identificar e discriminar os elementos dentro de um arquivo IFC. O plano futuro é associar esses dois programas para obter uma automatização do processo, de modo a auxiliar na automatização da geração de modelos a partir de edificações existentes. Um método semelhante também é demonstrado por Doukari e Greenwood (2020), porém com foco na geração automática de modelos para estudos de massa a partir de digitalização de imagens do Google Earth. Primeiramente, é realizada uma leitura e conversão da imagem para tons de cinza, então são aplicados filtros para aumentar a qualidade da imagem, e por fim são utilizadas ferramentas como Canny Filter e Canny Edge Detection que aprimoram e identificam os contornos da imagem, para então ser possível identificar e extrair objetos.

Silva e Couto (2020) em seu trabalho analisam outro método de conversão de modelos 2D para 3D BIM desenvolvido por Zhu et al. (2014), o qual demonstrou limitações em relação captura de fachadas curvas. Porém, esse método se mostrou uma alternativa válida ao considerarmos custo e

aplicabilidade, por não exigir investimentos altos em equipamentos.

4.2 Laser scanning

Laser scanning, ou varredura a laser, consiste numa tecnologia de digitalização remota 3D de alta precisão. Por meio dessa tecnologia é possível realizar levantamentos espaciais de edifícios e objetos, sem necessidade de contato com ele. Dentre as vantagens oferecidas por esse tipo de coleta, podemos citar a rapidez, o fato de se obter o arquivo e as medições automaticamente, a possibilidade de coletar dados em locais de difícil acesso, entre outros. Bortoluzzi et al. (2019) citam uma redução de 90% no tempo gasto com modelagem em relação ao processo tradicional.

O produto gerado pelo levantamento em laser scanning consiste em um arquivo de nuvem de pontos, apesar da vantagem de já serem arquivos 3D, esses arquivos necessitam ser convertidos para arquivos compatíveis com o BIM. Autores como Janssen, Chen e Mohanty (2016) e Janssen et al. (2016) se propuseram a desenvolver métodos automatizados de materialização e conversão de modelos 3D em modelos BIM. Apesar da vantagem da rapidez no processo automatizado de modelagem, de acordo com Bortoluzzi et al. (2019) há uma redução de 90% no tempo gasto com modelagem em relação ao processo tradicional, ainda existem algumas limitações neste processo. Silva e Couto (2020) citam desafios como inserção de aberturas e modelagem de fachadas complexas ou curvas, problemas estes que tiveram que ser resolvidos manualmente. Todavia o investimento exigido em equipamentos ainda é muito alto, um modelo de laser scanner terrestre 3D pode chegar a custar de R\$ 100.000,00 a R\$ 500.000,00*, por vezes até mais, fato que pode torná-la inviável.

4.3 Fotogrametria

De acordo com Granshaw (2020), a fotogrametria consiste em uma derivação de medidas confiáveis a partir de fotografias. A partir das fotografias é possível obter informações como medidas entre objetos, modelos digitais, coordenadas, estado de conservação do objeto, possíveis patologias, entre outros. Além disso, ao utilizar algoritmos de processamento de imagens digitais, a partir de um conjunto de imagens, é possível gerar nuvens de pontos e modelos digitais 3D.

A fotogrametria assim como o laser scanner pode

ser realizada à curta, com o uso de câmeras, ou longa distância, com o uso de drones ou aeronaves não tripuláveis. Atualmente, câmeras de pequeno porte, mesmo as não-métricas, ou até mesmo câmeras de celular de alta resolução conseguem apresentar resultados satisfatórios, por exemplo, Dezen-Kempter et al. utilizam um smartphone em seu estudo. Apesar da praticidade e do fácil acesso a esses instrumentos de pequeno porte, é necessário que se adote certos procedimentos extras de modo a garantir um bom resultado, como o uso de tripés e estabilizadores. Já o uso de drones, de acordo com Silva et al. (2022), apresenta vantagens por gerarem informações primárias, poucas fotografias grandes, e secundárias, muitas fotografias pequenas.

5. RESULTADOS

Partindo dos fatos acima abordados, é possível notar que as tecnologias de levantamento, medição e captura de dados construtivos auxiliam em tornar o processo mais rápido e ágil, porém o processo continua apresentando falhas pontuais. Dentre as principais dificuldades ditadas pelos autores estudados estão o alto custo, especialmente em relação à fotogrametria e o laser scanner, a falta de compatibilidade entre softwares, e a modelagem de famílias específicas e de fachadas complexas, que especialmente no caso de edifícios históricos precisam ser criadas do zero.

Quanto à interoperabilidade, a falta de compatibilidade entre softwares é o que mais afeta o processo, por exemplo no estudo de Dezen-Kempter et al. (2015, p. 123) optou-se por utilizar os softwares Autodesk para processamento da nuvem de pontos e para modelagem BIM “por acreditar-se que a transferência de dados seria mais fácil e rápida entre produtos da mesma empresa, o que acabou não acontecendo”. Dezen-Kempter et al. (2015) ressaltam também a dificuldade na modelagem de famílias já que os programas não permitem exportação nem importação de arquivos de nuvem de pontos para arquivos de família. Tal fato gera um trabalho extra no processo de modelagem, exigindo a criação manual de famílias específicas ou utilização de meios intermediários, como o ambiente CAD, para conversão destes elementos, o que acaba por descaracterizar o processo BIM. Frente a este problema, Kehl et al. (2011) propõem a criação de modelos inicialmente com baixo grau de detalhamento, com a adição de informações e refinamento feitos ao longo do processo de manutenção, de acordo com a necessidade. Dessa

forma o tempo gasto na remodelagem de fachadas e famílias históricas seria mais distribuído e menos moroso.

Levando em conta os critérios como custo, precisão, aplicabilidade e tempo gasto, os métodos de conversão 2D sem dúvidas são os mais acessíveis em comparação com os demais, porém demonstraram uma menor precisão e maior tempo de retrabalho, já que, por vezes, as plantas apresentam incompatibilidade com o estado real da edificação. Contudo, quando aliados a programas que automatizam o processamento de imagens digitais, como os métodos propostos por Zhu et al. (2014) e Matias e Palha (2021), se mostraram a melhor opção quanto a aplicabilidade, quando o objetivo é a disseminação do método, tendo em vista o baixo custo, e compensam de certa forma o retrabalho citado acima. Outra opção seria o uso desse método em conjunto com algum dos demais de captura 3D, pontualmente, de modo complementar, podendo proporcionar assim a geração de um modelo mais preciso e de acordo com o objeto real.

Dentre os métodos 3D, o laser scanning se destaca por ser dinâmico, preciso, eficaz e rápido, como apontam Silva e Mortoni (2020). O processo de fotogrametria, dependendo dos equipamentos e instrumentos escolhidos, apresenta resultados semelhantes aos do laser scanning, porém apresenta vantagens por possibilitar a utilização de equipamentos mais acessíveis e ainda assim apresentar resultados de maneira satisfatória. Tais resultados podem ser observados na tabela 1 abaixo, que apresenta o comparativo dos métodos.

Tabela 1. Resumo do estudo comparativo

Critérios	Laser Scanner	Digitalização 2D	Fotogrametria
Frequência de ocorrência	Silva e Couto (2020); Dezen-Kempton et al. (2015)	Zhu et al. (2014); Doukari e Greenwood (2020); Matias e Palha (2021)	Dezen-Kempton et al. (2015); Silva et al. (2022)
Custo	Alto: os equipamentos podem chegar a custar de R\$ 100.000,00 a R\$ 500.000,00*;	Baixo: exige pouco investimento na compra de equipamentos, como impressoras;	Médio: pode ser realizado tanto com auxílio de câmeras comuns como de drones profissionais;
Aplicabilidade	Locais de difícil acesso por possibilitar a captura à distância;	Na existência de plantas originais em boa qualidade;	No caso do uso de câmeras é necessário que o local seja acessível, já os drones apresentam maior flexibilidade;
Tempo gasto	Observa-se redução de 90% no tempo de modelagem em relação ao convencional (Bortoluzzi et al., 2019);	Maior tempo gasto por gerar resultados em 2D, sendo necessário realizar uma modelagem manual em 3D;	Depende do equipamento escolhido. Tempo semelhante ao laser scanning com a utilização de drones, por exemplo;
Nível de precisão	Alta precisão, exceto na captura de fachadas complexas;	Depende da qualidade das informações encontradas e da precisão do método de tratamento das imagens a ser utilizado;	Alta precisão, porém apresenta falhas na captura de fachadas complexas e aberturas;
Interoperabilidade	A geração automática de modelos 3D facilita o processo, porém não é possível converter nuvens de pontos em arquivos de família;	Apresenta resultados em IFC, formato compatível com os softwares BIM, facilitando a transferência dos dados;	Apresenta as mesmas vantagens e desvantagens do laser scanning por gerar o mesmo produto final uma nuvem de pontos;

Fonte: Autoral.

6. CONCLUSÕES

Concluiu-se que todos os métodos apresentam suas vantagens e desvantagens, podendo ser utilizados de acordo com a característica do edifício a ser levantado, das informações e do orçamento disponíveis. Porém, no que tange a precisão e a interoperabilidade, itens importantes no processo BIM, as ferramentas que geram arquivos de nuvens de pontos apresentam vantagem, especialmente, pela existências de softwares já consolidados no mercado de conversão de nuvens de pontos para arquivos compatíveis com softwares BIM, apesar das limitações acima citadas. Já os processos de conversão a partir da digitalização e tratamento de imagens ainda estão em fase experimental como as

soluções trazidas por Matias e Palha (2021) e por Zhu et al. (2014), além de exigirem um certo conhecimento de programação para além dos softwares BIM existentes.

Dessa forma, levando em conta todos os critérios levantados, pode-se dizer que a fotogrametria apresenta as maiores vantagens, por apresentar diferentes possibilidades de ser executada, podendo ser flexível ao nível de detalhe e de precisão requerido no levantamento e ao orçamento disponível. Além disso, apresenta resultados igualmente bons quando comparado aos resultados do laser scanning, mesmo utilizando equipamentos mais em conta, sendo utilizados por vezes de

maneira conjunta como no caso abordado por Dezen-Kempton et al. (2015).

Porém, como pôde ser observado, os métodos de captura de informações construtivas de edificações existentes ainda se encontram em desenvolvimento, apresentando diferentes limitações, especialmente quanto à captura e modelagem de objetos de geometria complexa. Além disso, a dificuldade de obtenção de plantas e documentação original, a limitação de bibliotecas de famílias disponíveis, no caso de edifícios históricos, e a falta de compatibilidade entre os softwares durante o processo foram problemas recorrentes dentre as bibliografias analisadas.

Espera-se, a partir dos resultados obtidos, incentivar o estudo mais aprofundado dos diferentes métodos de coleta de dados, visando o aprimoramento destes através da união dos pontos fortes e análise de alternativas para os problemas apresentados. E, desta forma, facilitar cada vez mais o processo de documentação de projetos de edificações existentes e a geração de relatórios técnicos sobre condições da edificação, visando fomentar a disseminação do uso de BIM para manutenção de edifícios tendo em vista que a terceira etapa de implantação do plano de estratégia BIM-BR trata do uso do BIM para a manutenção e operação de edifícios públicos (Matias e Palha, 2021).

REFERÊNCIAS

- Agência Brasileira De Desenvolvimento Industrial; Sienge; Grant Thornton. *Mapeamento da Maturidade BIM no Brasil*, [S. l.], ano 2022, ed. 2, p. 1-27, set 2022. Disponível em: <https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/rest/conteudo/imagem/Maturidade%20BIM%20no%20Brasil%20-%202022.pdf>. Acesso em: 10 out. 2022.
- Ayres Filho, C.; Scheer, S. Metacompileção de classes para acesso a modelos IFC e sugestões para criação de classes para acesso em alto nível. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, [S. l.], v. 4, n. 2, p. p.112-138, 2009. DOI: 10.4237/gtp.v4i2.112. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50961>. Acesso em: 30 setembro. 2021.
- Canuto, Cristiane Lopes; Moura, Larissa Ribeiro De; Slagado, Mônica Santos. Tecnologias digitais e preservação do patrimônio arquitetônico: explorando alternativas. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 7, n. 4, p. 252-264, dez. 2016. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647456>>. Acesso em: 14 maio 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v7i4.8647456>.
- Castelo, Ana Maria; Marcellini, Laura; Viana, Iuri. A construção digital - Parte 2. Blog do IBRE, [S. l.], 23 out. 2018. Disponível em: <https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-digital-parte-2>. Acesso em: 3 jun. 2021.
- Dezen-Kempton, E.; Soibelman, L.; Chen, M.; Müller, A.V. Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 113-124, jul./dez. 2015. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102710>.
- Doukari, Omar and Greenwood, David (2020). Automatic generation of building information models from digitized plans. *Automation in Construction*, 113. p. 103129. ISSN 0926-5805: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103129>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580519313500>. Acesso em: 15 fev. 2022.
- Eastman, C. et al. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Editora Bookman Companhia Ed, 2014. 486 p.
- Granshaw, Stuart. (2020). Photogrammetric terminology: fourth edition. *The Photogrammetric Record*. 35. 143-288. 10.1111/phor.12314.
- Industry Foundation Classes (IFC) – An Introduction. Building Smart International, 2022. Disponível em: < <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc> >. Acesso em: 16 jun. 2022.
- Khel, Caroline; Luís Isatto, Eduardo. A tecnologia BIM na documentação e gestão da manutenção de edifícios históricos. V TIC, Salvador, Bahia, Brasil, p. 1-13, 5 ago. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/329339288>. Acesso em: 28 set. 2021.
- Matias, M. Da S.; Palha, R. P. Uso de métodos computacionais para automatizar a documentação BIM em edificações existentes a partir de documentos 2D. In: Simpósio Brasileiro De Tecnologia Da Informação E Comunicação Na Construção, 3., 2021, Uberlândia. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-12. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/606>. Acesso em: 3 ago. 2021.
- Silva, Lenildo et al. Fundamentos Da Aquisição De Imagens Por Drone Para Gerar Produtos De Fotogrametria: Do Plano De Voo Ao Modelo 3D. In: Fotogrametria com imagens adquiridas com drones: do plano de voo ao modelo 3D. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2022. cap. 1, p. 1-43. Disponível em: <https://livros.unb.br/index.php/portal/catalog/book/202>. Acesso em: 17 out. 2022.
- Silva, Marcio Morton; Couto, João Pedro. *Bim Aplicado Às Edificações Existentes – Desafios e Oportunidades Na Gestão De Informação*. Encore 2020, [S. l.], p. 1-11, 6 nov. 2020. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/349376493>.
Acesso em: 3 out. 2021.

Sinaenco (Brasil). *A interoperabilidade aponta para desafios práticos e tecnológicos na adoção do BIM: Interface entre os sistemas e padrões abertos internacionais serão tema de painel no 3º Seminário Internacional A ERA BIM, com a participação de conferencistas de quatro países*. SINAENCO, [S. l.], 17 nov. 2020. Notícias. Disponível em: <https://sinaenco.com.br/noticias/interoperabilidade-aponta-para-desafios-praticos-e-tecnologicos-na-adocao-do-bim/>. Acesso em: 2 jun. 2021.

Xavier, Alberto Fernando; Fisberg, Luiz. *A estrutura da Universidade de Brasília: Galpão para serviços gerais I e II*. Revista Acrópole, São Paulo, ano 31, n. 369, p. 40-44, 14 jan. 1970. Disponível em: <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/369>. Acesso em: 1 ago. 2022.