

Adoção de BIM para economia circular no setor da construção

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.32.53>

Thayane Rezek¹, Sérgio Scheer¹, Sérgio Tavares¹

¹ Universidade Federal do Paraná, Curitiba

Resumo

O setor da construção civil gera muitos impactos ambientais, entre eles a grande quantidade de resíduos. Além de ser considerado um impacto ambiental, a geração de resíduos pode ser vista também como um problema econômico. A economia circular surge como uma solução para a administração dos resíduos gerados, na qual os recursos deixam de ser somente explorados e descartados e passam a ser reaproveitados em um novo ciclo. Formas de se integrar a economia circular na indústria da construção vêm sendo estudadas e discutidas, entre elas o uso da modelagem da informação da construção (BIM). BIM pode ser aplicada para atingir objetivos específicos, possibilitando seu uso para suportar a integração entre a indústria da construção e a economia circular. Dada a importância do setor para a economia, se faz necessária a investigação de métodos que apoiem modelos de negócios mais sustentáveis para então promover a sustentabilidade da economia, do meio ambiente e da sociedade. Desta forma o presente artigo tem como objetivo identificar através de uma revisão sistemática da literatura como BIM tem sido utilizada para suportar a economia circular. As práticas utilizadas nos trabalhos estudados integraram a economia circular não somente aos modelos BIM, mas aos processos. Com isso foram abordadas cinco possibilidades de usos de modelos BIM, de acordo com sua adoção na utilização na economia circular.

1. Introdução

As empresas de construção ao longo das décadas adotaram os modelos de negócios do berço ao túmulo [1]. O atual modelo econômico linear de fazer, usar e descartar está crescendo de forma insustentável, muito além dos limites finitos do planeta Terra [2]. Por isso, a indústria da construção é um dos maiores consumidores mundiais de recursos (areia, materiais de construção) e produz uma quantidade significativa de resíduos [3]. Assim, é necessário praticar a prevenção e redução do desperdício em todas as fases da construção [4].

Como uma forma de repensar a maneira como os recursos estão sendo usados não apenas para a produção e os sistemas econômicos, mas também para enfrentar a escassez de recursos à medida que a população humana e as demandas crescem, surgiu a ideia de “circularidade” [5].

A economia circular é importante na adoção de modelos de negócios verdes porque o atual sistema econômico industrial não é mais sustentável [1]. O objetivo principal em uma economia circular é garantir que a utilidade máxima seja obtida dos materiais por meio da reciclagem e reutilização direta [6].

Em uma economia circular, os produtos em final de vida ainda são considerados recursos e são reintroduzidos no circuito econômico [2]. Ou seja, é garantido que os valores derivados dos materiais são mantidos na economia por um período prolongado para diminuir a quantidade de resíduos que está sendo transferida para aterro, melhorando assim a sustentabilidade do meio ambiente e do negócio [6].

O tipo de modelo de negócio adotado pelas construtoras tem potencial para promover a sustentabilidade da economia, do meio ambiente e da sociedade [1]. As tecnologias digitais são motores de mudança nos processos tradicionais e nas cadeias de valor da indústria, e possuem um grande potencial para a realização de uma economia circular no setor de construção [3]. O conceito de Economia Circular promove soluções tecnológicas e de negócios para criar maior valor, reduzindo ao mesmo tempo a transferência de recursos [7].

Apesar da construção civil ser uma das indústrias menos digitalizadas [3] a recente mudança de paradigma para uma abordagem centrada em design e centrada em informações para a construção de edifícios favoreceu a adoção de *Building Information Modeling* (BIM) [8].

BIM é definido como um conjunto inter-relacionado de políticas, processos e tecnologias que geram uma metodologia para gerenciar a essência de projeto da edificação/construção e dados associados num formato digital, em todo ciclo de vida da edificação [9].

Com isso expandir o uso do BIM para contextos da economia circular pode apoiar a mudança dos modelos de negócios do berço ao túmulo para do berço ao berço.

Dessa forma o presente estudo tem como objetivo identificar de quais maneiras o BIM pode ser usado para sustentar a adoção da economia circular.

2. Método

Uma revisão sistemática de literatura foi desenvolvida para encontrar estudos relevantes e para avaliar suas respectivas contribuições e em seguida formular quais os principais usos do BIM na economia circular. Em relação ao resultado a literatura foi utilizada para mapear questões da aplicação do BIM relacionados aos conceitos da economia circular e para uma análise de dados dos artigos selecionados foram utilizados parâmetros como o ano de publicação, local de publicação e país dos autores.

A revisão foi realizada em seis passos. No primeiro passo foi estabelecida a estratégia da pesquisa, os termos e locais de busca foram definidos e selecionou-se quatro fontes de dados para a pesquisa, as palavras-chave foram utilizadas de acordo com o objetivo determinado e o período de publicações (de 2011 a 2021). Na tabela 1 estão apresentados os totais de artigos obtidos.

Tabela 1
Passo 1.

Palavras chave	Base de dados	Número de publicações
"BIM" e "Circular economy"	Scopus	46
	Science Direct	12
	Emerald Insight	38
	Web of Science	39
Total		135

No próximo passo foram eliminadas as publicações que não eram artigos, resultando na exclusão de 42 publicações. Com os artigos restantes foi realizada a leitura dos títulos. Neste passo foram excluídos 34 artigos, resultando na seleção de 59 artigos.

O quarto passo consistiu na leitura dos resumos dos artigos. Nessa fase foram selecionados artigos que desenvolviam estudo sobre a economia circular em conjunto com BIM. Nesse processo foram selecionados 36 artigos. No próximo passo os artigos foram enviados para o programa Mendeley onde foi possível eliminar os artigos duplicados restando 21 artigos.

No sexto e último passo foi feita a leitura completa dos artigos em que foi possível analisar como o BIM era utilizado nos estudos e que poderiam ter seus dados extraídos para a elaboração da presente pesquisa. O fluxograma do método utilizado baseado na Revisão Sistemática da Literatura pode ser observado na figura 1. Neste passo cinco artigos foram excluídos por não tratarem diretamente das duas abordagens. O estudo de Minunno *et al* [10] apesar de proporem a identificação de oportunidades para o desenvolvimento de uma cadeia de abastecimento de circuito fechado na indústria da construção, os autores não utilizam o BIM para tal finalidade.

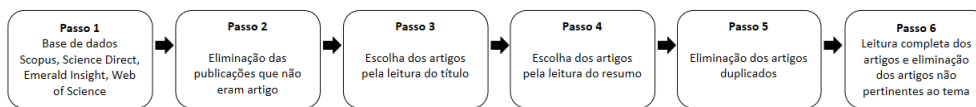


Figura 1
Passos da revisão
sistemática da
literatura.

Enquanto que Turner *et al* [11] utilizam o BIM na pesquisa, mas não objetivam alcançar a economia circular, apesar de concluírem que a estrutura apresentada pode ser facilitada por uma representação BIM para descrever um projeto de construção como um ativo sustentável dentro da economia circular. Outro artigo excluído nesse passo é o de Nascimento *et al* [5] pois os autores abordam a economia circular no contexto da manufatura e não da construção civil.

Embora a redução de carbono seja englobada pela economia circular Hao *et al* [12] buscam desenvolver uma abordagem baseada em BIM para quantificação de redução de emissões de carbono em projetos de construção de pré-fabricação, sem pensar em como isso impactaria a economia circular. Assim como a redução de carbono a cadeia de suprimentos também faz parte da economia circular, porém Papadonikolaki *et al* [13] propuseram integrar a cadeia de suprimentos por meio da aplicação de BIM, não objetivando também alcançar a economia circular.

3. Resultados

Da Revisão Sistemática da Literatura realizada, analisando os artigos publicados entre os anos de 2011 a 2021, destaca-se maior quantidade de publicação no ano de 2020. O desenvolvimento evolutivo das publicações em relação ao ano está ilustrado no gráfico 1. Observa-se que o aumento de publicações no ano de 2020 ocorreu devido ao projeto BAMB (buildings as materials banks).

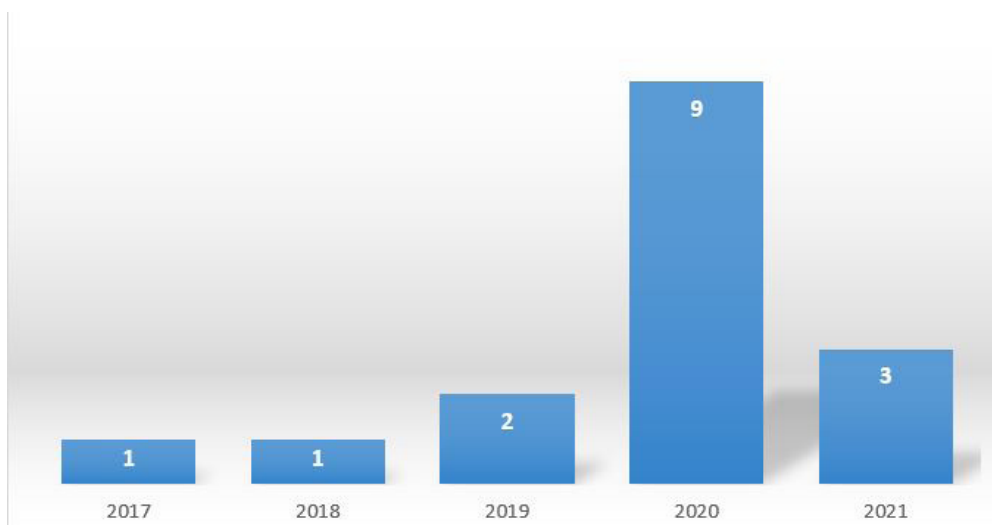


Gráfico 1
Ano de publicação.

A distribuição dos artigos permite identificar o conjunto de revistas mais relevantes para o tema. Os 16 artigos estão distribuídos entre 12 diferentes revistas. Apenas duas revistas tiveram mais de uma publicação, totalizando três publicações cada, como pode ser visto no gráfico 2.

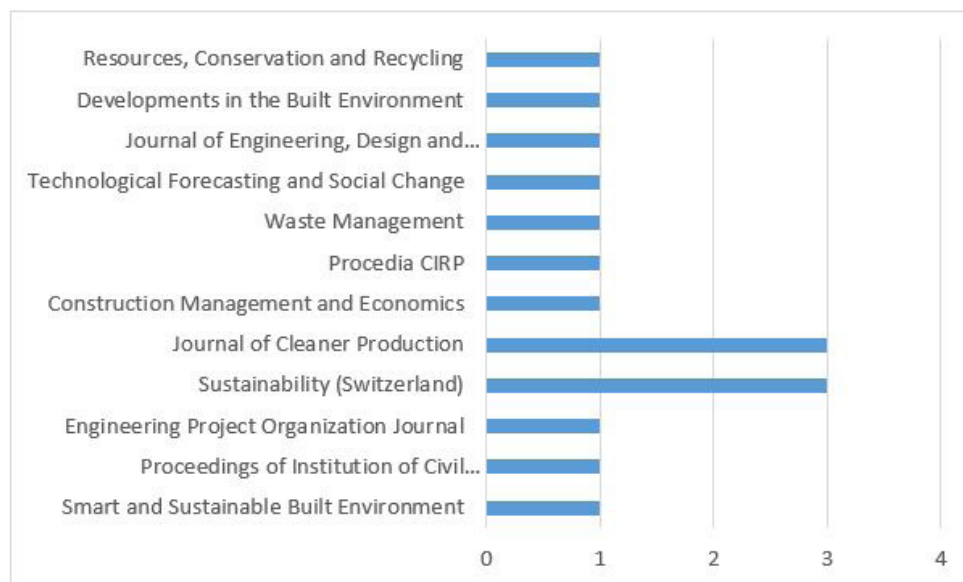
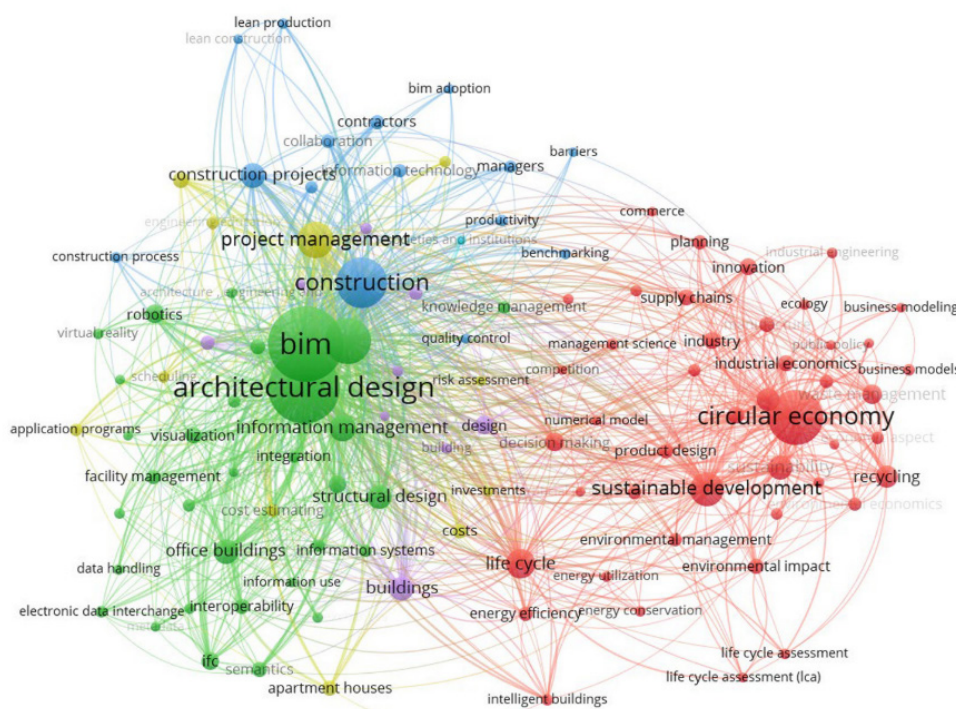


Gráfico 2
Distribuição dos artigos selecionados.

Dos artigos selecionados foi analisado o país dos autores, sendo o país com maior representatividade o Reino Unido com 44% dos artigos, seguido de Holanda e Estados Unidos com 13%, enquanto que Gana, Áustria, Luxemburgo, Austrália e França com 6% cada. A representatividade dos países europeus pode ser compreendida em função do projeto BAMB também, por ter sido uma ação de inovação dentro do programa Horizonte 2020.

Outro ponto que pode ser destacado é a pouca quantidade de artigos que abordam o assunto de BIM e economia circular. Delgado e Oyedele [2] tiveram a mesma percepção e traçaram um gráfico da co-ocorrência de ambos os termos como uma maneira de visualizar os poucos esforços. A figura 2 fornece uma indicação de quão relacionados estão os esforços de pesquisa entre o BIM e a economia circular. Quanto maior o número de co-ocorrências, mais próximo elas estão localizadas no mapa. O tamanho do círculo indica o número de ocorrências de cada termo no título, resumo e palavras-chave dos artigos [2].



A partir da figura percebe-se que os dois círculos mais proeminentes são o BIM e a economia circular. O círculo da economia circular está mais afastado dos demais círculos com certa relevância em que possuem uma estreita relação com o BIM, como indica o mapeamento.

4. Discussão

Usos de BIM existentes e novos foram identificados em Charef e Emmitt [14] que possuem potencial para apoiar uma implementação da abordagem da economia circular. Os autores chegaram a um total de 38 usos do BIM e acreditam que todos os usos têm algum impacto ou potencial para alcançar a economia circular.

Os usos do BIM por mais que possuam diferentes finalidades e objetivos possíveis, podem ser enquadrados em cinco grandes áreas: Reunir (administrar, coletar, gerenciar, adquirir); Gerar (criar, autor, modelo); Analisar (examinar, avaliar); Comunicar (trocar); e, Realizar (implementar, executar, desempenhar) [14].

Com o intuito de analisar os outros artigos selecionados, os usos do BIM das pesquisas foram classificados de acordo com as cinco áreas destacadas por Charef e Emmitt [14]. A tabela 2 demonstra a classificação de acordo com as áreas e seu uso específico.

Tabela 2
Usos do BIM.

Autores	Reunir	Gerar	Analisar	Comunicar	Realizar
[1]	Entrega de infraestrutura inteligente				
[15]		Formato de informação no modelo			
[3]				Estabelece o fluxo da informação da MP (cadeia de valor)	
[4]				Base de dados de informações sobre os materiais e componentes incorporados num edifício	
[6]			Integrar a análise de desempenho de fim de vida no projeto de construção e no processo de construção.		
[16]			Análise do modelo para planejar a desconstrução		
[17]					Gerenciamento eficaz das informações do ciclo de vida dos componentes do edifício.
[18]		Modelo com nível de detalhe alto			
[19]			Utilizar o modelo para prever quais e quantos materiais devem ser recuperados de uma desconstrução		
[20]			Ferramenta tecnológica para facilitar a tomada de decisão		
[21]			Visualização do desempenho do desperdício de construção para planejamento		
[22]		Modelo digital incluindo o fim de vida sustentável			
[2]	Abordagem de modelagem de informações de construção durante a fase operacional				

[23]	Ferramenta de comunicação para a entrega de projetos de construção com eficiência de resíduos.
[8]	Estimar o desempenho de salvamento de edifícios desde a fase de projeto

Dentro das áreas destacadas para uso do BIM, analisar – examinar os elementos da instalação para obter uma melhor compreensão dela – foi a opção com mais trabalhos enquadrados totalizando 5, seguida por gerar – criar ou gerar informações sobre a instalação – com 4 trabalhos. Na sequência com 3 trabalhos enquadrados comunicar – apresentar informações sobre uma instalação em um método em que possa ser compartilhada ou trocada – seguida de reunir – coletar ou selecionar informações da instalação – com 2 artigos e por fim com apenas 1 artigo realizar – fazer ou controlar um elemento físico usando informações de instalação.

5. Conclusão

A partir da leitura e análise dos artigos pode-se deduzir que a utilização do BIM dá suporte para um melhor gerenciamento e planejamento para a adoção da economia circular. Os estudos demonstraram que para alguns usos alcançarem o objetivo proposto era necessário que outros usos tivessem sido alcançados, como quando um modelo for utilizado para uma análise, para que esta dê certo o modelo deve ter gerado todas as informações corretamente. Uma limitação da abordagem proposta é sua dependência da precisão dos registros de compra e do BIM fornecidos pelas equipes de gerenciamento de projetos [21].

Até o presente estudo os aspectos da economia circular não foram considerados nos modelos de dados padrão existentes para a indústria da construção. Delgado e Oyedele [2] expõem que é essencial para o sucesso da economia circular o desenvolvimento de modelos de dados padrão que facilitem a colaboração contínua entre as partes, o que requer que todo um setor adote seus princípios. Isso porque as informações em BIM provenientes de todas as partes formam o processo de geração e mapeamento de todas as informações das fases do ciclo de vida de uma edificação.

Todas as áreas de usos do BIM foram abordadas e com o desenvolvimento de mais pesquisas sobre economia circular e BIM, poderão ocorrer ligações entre as áreas. Uma ligação será importante ao passo que ocorrer a mudança da economia linear para a circular. Charef e Emmitt [14] explicam que o ciclo de vida do ativo precisará ser considerado como um sistema holístico e a implementação BIM estendida ao longo de todo o ciclo de vida do edifício, desde o projeto até o gerenciamento de fim de vida.

Apesar de poucos trabalhos abordarem a desconstrução, o tema é importante para apoiar a abordagem de economia circular na infraestrutura de recuperação pois ao mudar da demolição para a desconstrução, o volume de materiais recuperados utilizáveis deve aumentar. Ao adotar a desconstrução ou desmontagem deverá ser entregue um projeto com um registro digital “Como desconstruído” [14].

Por fim, a economia circular é vista em termos de reciclagem, mas mais valor pode ser obtido de edifícios e componentes físicos por sua reutilização, auxiliada por manejo e remanufatura, para garantir a capacidade de desempenho ideal [17]. Foi possível identificar pela pesquisa que a economia circular oferece uma nova metodologia econômica que reintroduz os resíduos como matéria prima, não se limitando apenas ao conceito de reuso e reciclagem, como é demonstrado na figura 3.

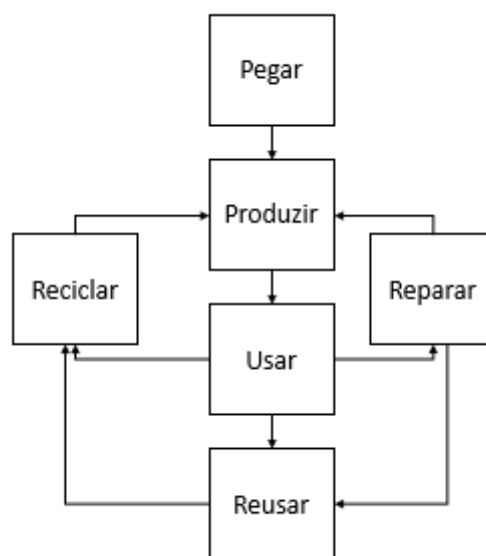


Figura 3
Economia circular.
Traduzido de [14].

A literatura traz o BIM como um recurso para transformar os processos de construção [20]. O presente estudo averiguou que esta afirmação também se enquadra no contexto da economia circular, por possibilitar o monitoramento e controle necessário dos conceitos englobados (reciclagem de circuito fechado, ciclos de material de circuito fechado, cadeia de abastecimento de circuito fechado, projeto de resíduos, design com materiais recuperados), alcançando todos os pontos da economia circular como colocados na figura 3.

Referências

- [1] LAMPTEY, Theophilus; OWUSU-MANU, De-Graft; ACHEAMPONG, Alex; ADESI, Michael; GHANSAH, Frank Ato. A framework for the adoption of green business models in the Ghanaian construction industry. *Smart And Sustainable Built Environment*, [S.L.], v. -, n. -, pp. 1-18, 3 dez. 2020. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/sasbe-08-2020-0130>.

- [2] DELGADO, Juan Manuel Davila; OYEDELE, Lukumon O. BIM data model requirements for asset monitoring and the circular economy. *Journal Of Engineering, Design And Technology*, [S.L.], v. 18, n. 5, pp. 1269-1285, 13 abr. 2020. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/jedt-10-2019-0284>.
- [3] KOVACIC, Iva; HONIC, Meliha; SRECKOVIC, Marijana. Digital Platform for Circular Economy in AEC Industry. *Engineering Project Organization Journal*, [S.L.], v. 9, n. 1, pp. 1-16, 12 nov. 2020. Engineering Project Organization Society. <http://dx.doi.org/10.25219/epoj.2020.00107>.
- [4] JAYASINGHE, Laddu Bhagya; WALDMANN, Daniele. Development of a BIM-Based Web Tool as a Material and Component Bank for a Sustainable Construction Industry. *Sustainability*, [S.L.], v. 12, n. 5, p. 1766, 27 fev. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su12051766>.
- [5] NASCIMENTO, Daniel Luiz Mattos; ALENCASTRO, Viviam; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves; CAIADO, Rodrigo Goyannes Gusmão; GARZA-REYES, Jose Arturo; ROCHA-LONA, Luis; TORTORELLA, Guilherme. Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context. *Journal Of Manufacturing Technology Management*, [S.L.], v. 30, n. 3, pp. 607-627, 15 abr. 2019. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/jmtm-03-2018-0071>.
- [6] AKANBI, Lukman A.; OYEDELE, Lukumon O.; OMOTESO, Kamil; BILAL, Muhammad; AKINADE, Olugbenga O.; AJAYI, Anuoluwapo O.; DELGADO, Juan Manuel Davila; OWOLABI, Hakeem A.. Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 223, pp. 386-396, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.172>.
- [7] XING, Ke; KIM, Ki Pyung; NESS, David. Cloud-BIM Enabled Cyber-Physical Data and Service Platforms for Building Component Reuse. *Sustainability*, [S.L.], v. 12, n. 24, p. 10329, 10 dez. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su122410329>.
- [8] AKANBI, Lukman A.; OYEDELE, Lukumon O.; AKINADE, Olugbenga O.; AJAYI, Anuoluwapo O.; DELGADO, Manuel Davila; BILAL, Muhammad; BELLO, Sururah A.. Salvaging building materials in a circular economy: a bim-based whole-life performance estimator. *Resources, Conservation And Recycling*, [S.L.], v. 129, pp. 175-186, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.026>.
- [9] SUCCAR, Bilal. Building information modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, *Automation in Construction*. v. 18, n. 3, pp. 357-375. 2009.
- [10] MINUNNO, Roberto; O'GRADY, Timothy; MORRISON, Gregory; GRUNER, Richard; COLLING, Michael. Strategies for Applying the Circular Economy to Prefab-

- ricated Buildings. *Buildings*, [S.L.], v. 8, n. 9, p. 125, 6 set. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/buildings8090125>.
- [11] TURNER, Chris; OYEKAN, John; STERGIOULAS, Lampros K.. Distributed Manufacturing: a new digital framework for sustainable modular construction. *Sustainability*, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 1515, 1 fev. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su13031515>.
- [12] HAO, Jian Li; CHENG, Baoquan; LU, Weisheng; XU, Jun; WANG, Junjie; BU, Weicheng; GUO, Zhiping. Carbon emission reduction in prefabrication construction during materialization stage: a bim-based life-cycle assessment approach. *Science Of The Total Environment*, [S.L.], v. 723, p. 137870, jun. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137870>.
- [13] PAPADONIKOLAKI, Eleni; VRIJHOEF, Ruben; WAMELINK, Hans. Supply chain integration with BIM: a graph-based model. *Structural Survey*, [S.L.], v. 33, n. 3, pp. 257-277, 13 jul. 2015. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ss-01-2015-0001>.
- [14] CHAREF, Rabia; EMMITT, Stephen. Uses of building information modelling for overcoming barriers to a circular economy. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 285, p. 124854, fev. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124854>.
- [15] LUSCUERE, Lars Marten. Materials Passports: optimising value recovery from materials. *Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers – Waste And Resource Management*, [S.L.], v. 170, n. 1, pp. 25-28, fev. 2017. Thomas Telford Ltd.. <http://dx.doi.org/10.1680/jwarm.16.00016>.
- [16] BERG, Marc van Den; VOORDIJK, Hans; ADRIAANSE, Arjen. BIM uses for deconstruction: an activity-theoretical perspective on reorganising end-of-life practices. *Construction Management And Economics*, [S.L.], v. 39, n. 4, pp. 323-339, 8 fev. 2021. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2021.1876894>.
- [17] XING, Ke; KIM, Ki Pyung; NESS, David. Cloud-BIM Enabled Cyber-Physical Data and Service Platforms for Building Component Reuse. *Sustainability*, [S.L.], v. 12, n. 24, p. 10329, 10 dez. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su122410329>.
- [18] BERTIN, Ingrid; MESNIL, Romain; JAEGER, Jean-Marc; FERAILLE, Adélaïde; ROY, Robert Le. A BIM-Based Framework and Databank for Reusing Load-Bearing Structural Elements. *Sustainability*, [S.L.], v. 12, n. 8, p. 3147, 14 abr. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su12083147>.
- [19] COPELAND, Samuel; BILEC, Melissa. Buildings as material banks using RFID and building information modeling in a circular economy. *Procedia Cirp*, [S.L.], v. 90, pp. 143-147, 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.122>.

- [20] AKINADE, Olugbenga O.; OYEDELE, Lukumon O. Integrating construction supply chains within a circular economy: an anfis-based waste analytics system (a-was). *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 229, pp. 863-873, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.232>.
- [21] GUERRA, Beatriz C.; LEITE, Fernanda; FAUST, Kasey M.. 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: case studies on concrete and drywall waste streams. *Waste Management*, [S.L.], v. 116, pp. 79-90, out. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.035>.
- [22] CHAREF, Rabia; GANJIAN, Eshmaiel; EMMITT, Stephen. Socio-economic and environmental barriers for a holistic asset lifecycle approach to achieve circular economy: a pattern-matching method. *Technological Forecasting And Social Change*, [S.L.], v. 170, p. 120798, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120798>.
- [23] GANIYU, Sikiru Abiodun; OYEDELE, Lukumon O.; AKINADE, Olugbenga; OWOLABI, Hakeem; AKANBI, Lukman; GBADAMOSI, Abdulqayum. BIM competencies for delivering waste-efficient building projects in a circular economy. *Developments In The Built Environment*, [S.L.], v. 4, p. 100036, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100036>.