ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Aplicação de passaporte de materiais no sistema construtivo wood frame utilizando Revit

Application of material passport to the wood frame constructive system using Revit

Giovanna Ferreira Alves
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | giovannaferreira@ufpr.br
Ana Karla Garcia Gripp
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | karlagarcia@ufpr.br
Sergio Fernando Tavares
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | sergio.tavares@ufpr.br

Resumo

A construção civil é responsável por um terço das emissões de gases de efeito estufa; consome mais de 50% dos recursos naturais do planeta; e sua demanda por recursos naturais tende a aumentar com o crescimento populacional. Em um cenário como este, no qual os modelos de negócios são baseados na Economia Linear (EL), a Economia Circular (EC) surge como uma estratégia promovendo o desenvolvimento econômico que reduza a dependência do consumo de recursos naturais. Assim, ferramentas como Passaporte de Materiais (PM) são necessárias para a transição da EL para EC. O PM é uma ferramenta digital, a qual contém dados e informações que descrevem características do material para sua recuperação e reutilização. O presente estudo tem como objetivo modelar o PM de um painel de wood frame utilizado comercialmente pela empresa Tecverde no Paraná, projetado para uma edificação através do software Revit. O PM possui 49 parâmetros divididos em nove categorias e os dados foram coletados de bases abertas disponibilizadas pela empresa. O resultado mostra que ainda existem obstáculos em relação aos parâmetros de sustentabilidade, bem como de oportunidade em agregar valores circulares na indústria da construção.

Palavras-chave: Economia Circular. Passaporte de materiais. Ambiente construído. Wood frame. Revit.

Abstract

The construction industry is responsible for one-third of greenhouse gas emissions, it consumes over 50% of the planet's natural resources, and its demand for natural resources is expected to increase with population growth. Against this backdrop, where business models are based on the Linear Economy (LE), the Circular Economy (CE) emerges as a strategy promoting economic development that reduces dependence on the consumption of natural resources. Thus, tools like Material Passports (MP) are necessary for the transition from LE to CE. The MP is a digital tool containing data and _information describing material characteristics for its recovery and reuse. This study aims to model the MP of a wood frame panel commercially used by the company Tecverde in Paraná and it was designed for a building through the Revit software. The MP has

Como citar:
ALVES, G. F., GRIPP, A. K. G., TAVARES, S. F. Aplicação de passaporte de materiais no sistema construtivo wood frame utilizando Revit. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

49 parameters divided into nine categories and the data were collected from open databases provided by the company. The result shows that there are still obstacles in relation to sustainability parameters, as well as opportunities to add circular values in the construction industry.

Keywords: Circular economy. Material passport. Built environment. Wood frame. Revit.

INTRODUÇÃO

Durante os últimos anos desde a revolução industrial, a Economia Linear (EL) determinou o modelo de produção e de consumo [1]. O modelo da EL conhecido pelo processo de *"take-make-use-dispose"* é utilizado até os dias de hoje no ambiente construído, apesar da constante evolução em eficiência energética no setor [2]. Ainda, este modelo produtivo do ambiente construído faz com que a indústria da construção civil seja uma das mais indústrias que mais consome recursos e matéria-prima no planeta [2]. Estima-se que a indústria consome mais de 50% dos recursos naturais do planeta [3]; é responsável por um terço das emissões de gases de efeito estufa [4]; e sua demanda tende a aumentar com o crescimento populacional [5].

A Economia Circular (EC) emerge como um modelo de produção e consumo que dissocia o crescimento econômico da extração de recursos naturais [5] [6], além de manter os materiais e produtos em seu mais alto valor pelo maior tempo possível [6]. A criação de soluções circulares passa pelo desenvolvimento de Passaporte de Materiais (PM), uma ferramenta para a inserção de princípios de EC [7]. Na indústria da construção civil, o PM não é uma prática convencional [1] e ainda há poucos estudos sobre a introdução de práticas circulares no setor [8].

No ambiente construído, o PM é uma documentação digital [9] [10]. O *Building Information Modeling* (BIM) pode ser visto como um facilitador da inserção de princípios circular em projetos de edificações [11], uma vez que pode ser definido como um conceito que envolve tecnologias e processos para uma prática projetual integrada. A modelagem refere-se à criação de uma representação física e operacional de uma edificação e tem a capacidade de armazenar informações e compartilhar dados essenciais ao longo do tempo de vida desse projeto construído [12]. Desse modo, o BIM tem o potencial de promover o desenvolvimento e a gestão de um PM [13].

Este artigo busca desenvolver um PM para um painel de *wood frame* utilizado pela empresa TecVerde no Paraná. A edificação Casa 1.0 do catálogo de projetos da empresa foi modela na versão 2024 do *software* Revit por meio das instruções disponíveis no Documento de Avaliação Técnica Nº 020-E (DATec Nº 020-E). O produto denominado "Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada – Tecverde (tipo *light wood frame*)" é destinado à construção de unidades habitacionais unifamiliares isoladas e geminadas, e edifícios multifamiliares de até quatro pavimentos. O PM possui 49 parâmetros divididos em nove categorias e sua modelagem e alimentação dos dados no modelo foi feita por meio do Dynamo, uma ferramenta de programação visual disponível no Revit desde a versão 2020. Os dados

que compõe o PM foram coletados de bases de dados abertas disponíveis pela empresa, como o DATec Nº 020-E.

PASSAPORTE DE MATERIAIS BASEADO EM BIM

O gerenciamento de materiais é crucial para um futuro mais sustentável [14] e a minimização de impactos ambientais pela indústria da construção civil ocorre por meio de novas tecnologias da construção [15]. Uma maneira de gerenciar materiais é o PM, uma ferramenta que avalia o potencial de reuso e reciclagem e o impacto ambiental de materiais embutidos em edificações [16]. Ademais, o PM é uma ferramenta para inserção de princípios da EC [7].

É possível gerar PM baseados em BIM, seja na fase inicial de projeto [14] ou nas fases finais de fim de vida da edificação [16]. Quando integrado ao BIM e utilizado nas fases iniciais de projeto, o PM desempenha um papel crucial de otimização destas etapas [17]. Nas fases finais, a existência do PM é uma vantagem em termos de reciclagem e reutilização dos materiais; apoia a circularidade e a sustentabilidade no setor da construção [18]; e atua como um inventário [17].

Diversos autores desenvolveram modelos de PM baseados em BIM. Honic, Kovacic e Rechberger [17] definem o PM em indicadores de percentual de reciclabilidade da edificação e indicadores de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) simplificada. Atta, Bakhoum e Marzouk [19] utilizam três indicadores de sustentabilidade (pontuação de desconstrutibilidade, pontuação de recuperação e pontuação ambiental) que são calculados matematicamente e automaticamente pela ferramenta Dynamo. Sanchez et al. [20] utilizam o Revit e sua modelagem paramétrica para inserir 27 parâmetros relevantes para a desmontagem de uma edificação. Xia e Xu [21] utilizam o modelo BIM da edificação para extrair a lista de materiais da edificação e toda a alimentação e automatização do PM é feita no ambiente de trabalho do Google.

A EC no ambiente construído pode ter ganhos significativos com o BIM, uma ferramenta poderosa e essencial para criar e gerir informações digitais como os PMs [11]. O BIM promove colaboração, precisão de dados e sustentabilidade [22] e propicia uma cadeia de produção mais transparente, mais rastreável e mais eficiente [23]. Ademais, é uma tecnologia capaz de integrar dimensões da sustentabilidade, como meio ambiente, economia e o social [24].

APLICAÇÃO DO PASSAPORTE DE MATERIAIS

O grupo de pesquisa de Informação e Sustentabilidade no Ambiente Construído da UFPR estuda a circularidade aplicada ao ambiente construído desde 2018 e atualmente se estende à rede de pesquisa internacional ECoEICo (Economia circular como estratégia para uma indústria da construção mais sustentável) do programa CYTED (*Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarollo*) da União Europeia. O início das pesquisas sobre PM iniciou com Munaro et al. [25] que propõem um PM e aplicação conceitual ao painel de *woodframe* da empresa Tecverde. A

segunda publicação do grupo é de Munaro e Tavares [1] que propõe uma revisão sistemática de literatura sobre PM e apresenta o PM conceitual. Alves [26] desenvolve a modelagem e programação visual do PM conceitual de Munaro e Tavares [1] utilizando Revit e a ferramenta Dynamo.

O PM conceitual proposto por Munaro e Tavares [1] atribui a um PM nove categorias de informação que são capazes de rastrear o valor do material ao longo de seu ciclo de vida. Na modelagem e programação visual deste PM proposta por Alves [26] utilizou-se o *software* Revit e a ferramenta Dynamo, além do apoio do Excel. O PM é formado por 49 parâmetros divididos entre as nove categoriais de informação. Entre os parâmetros propostos, encontram-se dados de impacto ambiental da ACV que são incorporados ao PM. O Quadro 1 apresenta os parâmetros que compõem o PM categorizados.

Quadro 1: Parâmetros do PM

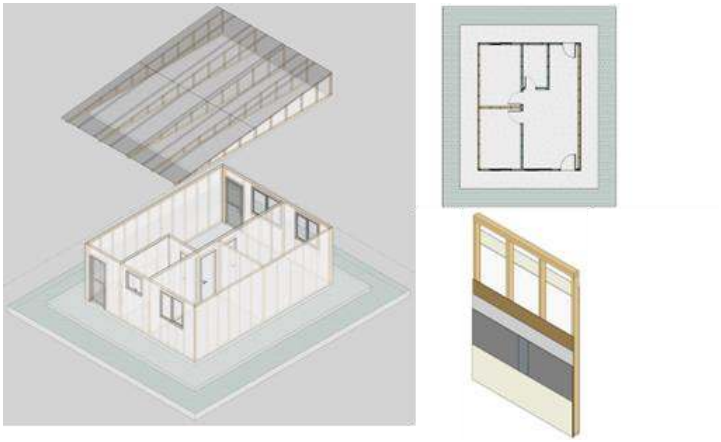
Categoria	**Parâmetro**	**Formato**
Dados Gerais	Nome comercial	Texto
	Nome do fabricante	Texto
	Composição do material	Texto
	Propriedades físicas	Número
	Propriedades químicas	Texto
	Propriedades biológicas	Texto
	Imagem do produto	Imagem
	Principal função	Texto
Saúde do material	Avisos (informações de segurança)	Texto
	Recomendações (informações de segurança)	Texto
	Toxicidade (composição do material)	Texto
	Grau de risco de incêndio	Texto
	Grau de risco (outros)	Texto
Sustentabilidade	DAP (Declaração Ambiental de Produto)	URL
	Energia Embutida (EE)	Número
	EE no Transporte	Número
	AE (Água Embutida)	Número
	GWP (Emissão de CO_2eq)	Número
	ODP (Depleção da Camada de Ozônio)	Número
	AP (Acidificação)	Número
	EP (Eutrofização ou Nutrificação)	Número
	POCP	Número
	ADP-elements	Número
	ADP-fossil fuels Índice de circularidade	Número Número
	Material reciclado/reutilizado/renovável?	Texto
Projeto e Produção	Técnicas e processos de manufatura	Texto
	Instruções de instalação e tratamento	URL
	Certificações	Texto
	Dados de rastreabilidade (RFID *tags*)	Texto

	Requisitos para transporte	Texto
	Características de embalagem	Texto
	Informações da cadeira de suprimentos	Texto
Fase de Uso e Operação	Posicionamento e localização do edifício	Texto
	Instruções de limpeza	Texto
	Instruções de manutenção	Texto
	Detalhes e requisitos de conexões	URL
	Garantias e tempos de uso esperados	Texto
	Consumo de energia	Número
	Consumo de água	Número
	Influências externas	Texto
Guia de desmontagem	Manual de montagem e desmontagem	URL
	Requisitos para embalagem/armazenamento	URL
	Instruções de transporte	Texto
Potencial de reuso e reciclabilidade	Considerações para fim de vida (reuso, reciclagem, remodelagem)	Texto
	Opções de disposição final	Texto
	Opções de decomposição	Texto
Histórico	Histórico	Texto
Outros	Outros	Texto

Fonte: Alves (2023).

A edificação Casa 1.0 do catálogo de projetos da empresa paranaense Tecverde e o painel de parede externa para casas térreas e sobrados foram modelados na versão 2024 do software Revit e é apresentada na Figura 1.

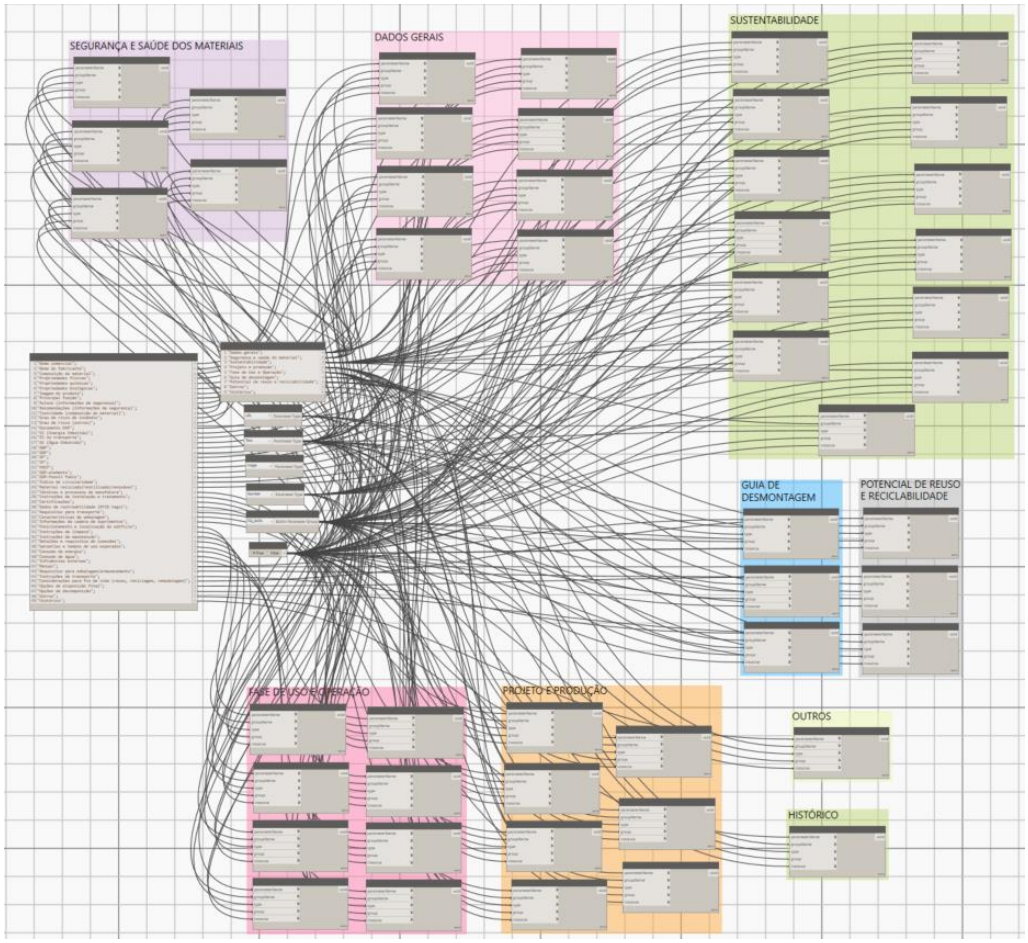
Figura 1: Modelo da edificação Casa 1.0



Fonte: os autores.

Como a rotina de geração de PM desenvolvida por Alves [26] foi feita na versão 2021 do Revit e Dynamo e, como a Autodesk não suporta modelos mais recentes atrelados a versões mais antigas do *software*, foi necessário a geração do arquivo .IFC do modelo da edificação. Assim, o modelo .IFC foi utilizado na versão 2021 do Revit para desenvolvimento do PM por meio da programação visual do Dynamo. As rotinas de programação visual do Dynamo executam a modelagem paramétrica dos materiais do modelo. Os 49 parâmetros foram criados com a primeira rotina de automação do Dynamo que é apresentada na Figura 2.

Figura 2: Rotina de criação de parâmetros do Dynamo

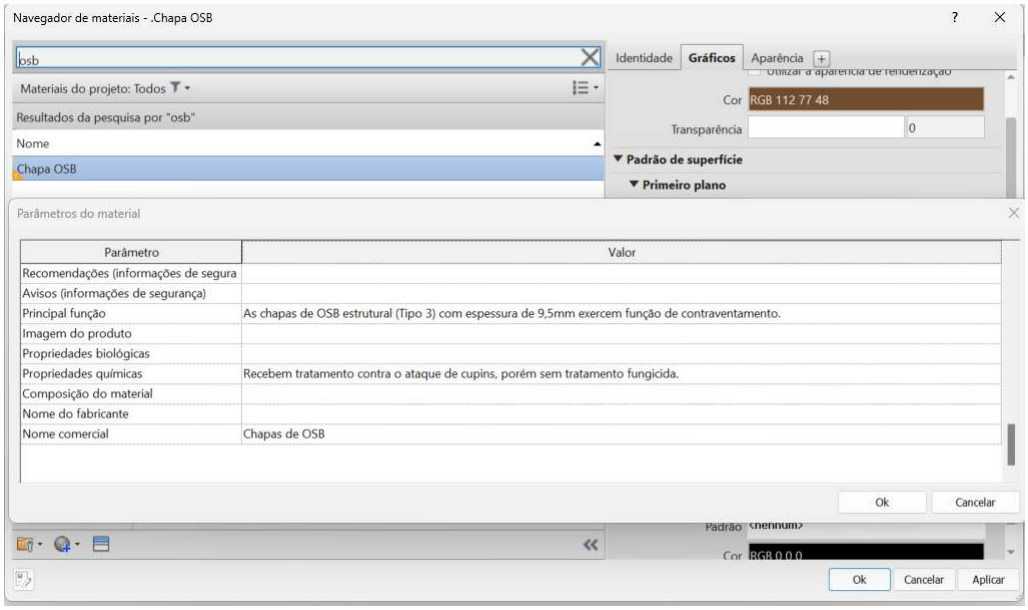


Fonte: os autores, via Dynamo.

Na sequência, a segunda rotina do Dynamo é executada e a base de dados apoiada pelo Excel é criada com os materiais do modelo e alimentada manualmente com os dados sobre os materiais do sistema de *wood frame* utilizado pela Tecverde. Os dados e informações foram encontrados em bases de dados abertas e disponíveis pela própria empresa como o DATec Nº 020-E.

A terceira e última etapa da modelagem e programação visual do PM é a inserção da base de dados no modelo alimentando os parâmetros criados na primeira rotina. A rotina do Dynamo que executa essa etapa apresenta erros com o arquivo .IFC pois ela insere os dados aos parâmetros dos elementos do Revit. No entanto, ao exportar o modelo para um arquivo .IFC, os materiais não são exportados para .IFC como elementos, mas como propriedades de elementos. Assim, os dados foram inseridos no modelo apresentando erros e foi preciso ajustá-los de forma manual. A Figura 3 apresenta o quadro de parâmetros do material chapa OSB como exemplo.

Figura 3: Parâmetros do material chapa OSB



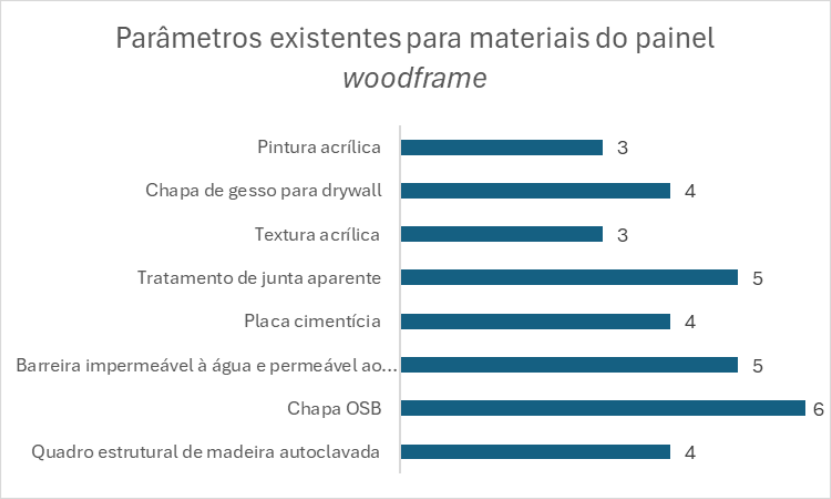
Fonte: os autores, via Revit.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A modelagem e programação visual do PM por meio do Revit e a ferramenta Dynamo foi feita para o painel de *woodframe* de parede externa de casas térreas, utilizado para a empresa paranaense Tecverde. O painel é composto de 8 materiais conforme apresentado no DATec Nº 020-E e o PM incluiu, para cada material, os 49 parâmetros das 9 categorias de informação. As informações disponíveis nas bases de dados abertas da empresa, principalmente o DATec Nº 020-E, referem-se majoritariamente ao painel completo e minoritariamente aos materiais que compõem este painel. Como resultado, tem-se que poucas informações sobre os materiais isolados são disponibilizadas.

A Figura 4 mostra os materiais que compõem o painel e a quantidade de parâmetros existente nas bases de dados disponíveis pela empresa. A chapa OSB possui 6 dos 49 parâmetros, sendo o material com mais informação, enquanto a pintura acrílica e textura acrílica possuem 3 parâmetros cada, sendo os materiais com menos informação.

Figura 4: Parâmetros existentes para materiais do painel *woodframe*



Fonte: os autores.

As informações disponíveis e alimentadas no PM são das categorias Dados Gerais, Projeto e Produção e Outros, sendo que a categoria Outros foi preenchida com o *link* do DATec Nº 020-E, uma vez que a parametrização do PM não prevê este documento. As outras seis categorias não tiveram nenhum parâmetro preenchido para nenhum dos materiais.

Apesar de poucas informações sobre os materiais que compõem o painel de *woodframe*, o documento disponibilizado pela empresa possui outras informações sobre o painel completo. O Quadro 2 sintetiza quais categorias possuem informações disponíveis no DATec.

Quadro 2: Exemplo de outra tabela que pode ser utilizada

Categoria		**Existente ou não**
1	Dados gerais	DATec Nº 020-E
2	Segurança e saúde do material	DATec Nº 020-E
3	Sustentabilidade	Indisponível
4	Projeto e produção	DATec Nº 020-E
5	Fase de Uso e Operação	DATec Nº 020-E
6	Guia de desmontagem	Indisponível
7	Potencial de reuso e reciclabilidade	Indisponível
8	Histórico	Indisponível
9	Outros	DATec Nº 020-E

Fonte: os autores.

Não há nenhuma informação de Sustentabilidade, Guia de desmontagem, Potencial de reuso e reciclabilidade e Histórico. Em estudos anteriores sobre o painel de *woodframe* da empresa Tecverde, Munaro et al. [25] apontaram que, no Brasil, os fornecedores não são obrigados a desenvolver Declarações Ambientais de Produto (DAP) e, consequentemente, estudos de ACV e impactos ambientais. No presente estudo, a situação se mantém e a consequência disso é a falta de dados da categoria de Sustentabilidade do PM proposto.

Os dados e informações disponíveis no DATec dos painéis não descrevem as características dos materiais necessárias para sua recuperação e reutilização como é o objetivo de um PM. Isso mostra o desafio do mercado em implementar princípios de circularidade na indústria da construção. Assim, não existem dados de Potencial de reuso e reciclabilidade disponíveis. Os dados de Guia de desmontagem também sugerem princípios circulares, no entanto, o painel apresentado não foi projetado para desmontagem e consequentemente não há dados e informações sobre isso.

Por fim, não seria possível existir dados do Histórico do uso do painel uma vez que não é um documento de um painel instalado. Os dados do Histórico poderiam ser alimentados ao PM ao longo do uso dos materiais e/ou painel em uma edificação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O PM documenta um conjunto de dados e de informações que descrevem características dos materiais para sua recuperação e reutilização. Além disso, podem ser de materiais, produtos e sistemas [7]. É considerado uma ferramenta indispensável para transição da EL para EC. Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um PM para um painel de *wood frame* utilizado pela empresa TecVerde no Paraná. O PM foi modelado para os 8 materiais que compõem o painel de *woodframe*.

A aplicação do PM no painel de *wood frame* apresentou desafios para a indústria da construção. Dados de sustentabilidade e de fim de vida dos materiais são essenciais para reinserí-los novamente nas cadeias de produção da construção [25]. Da mesma forma, estes dados são indispensáveis em PM, ferramenta capaz de promover a transição da EL para EC na indústria. O cenário apresentado nesta pesquisa mostra que ainda existem barreiras para implementação de PM na indústria da construção, assim como existem oportunidades de novos modelos de negócios que apliquem princípios circulares e repensem as cadeias de produção e fluxos de trabalho. O PM se apresenta como uma forma de inserir valor aos materiais, bem como documentar dados e informações sobre todo o ciclo de vida. No entanto, os dados disponíveis atualmente fazem com que o potencial desta ferramenta não seja utilizado inteiramente.

A pesquisa encontrou limitações técnicas e de tecnologia como as versões divergentes do *software* Revit entre a modelagem da edificação e a programação visual do PM. Diante da incompatibilidade de usar o modelo origem na versão 2024 do *software*, foi necessário exportar o arquivo .IFC da edificação e utilizá-lo na versão 2021 do Revit para desenvolvimento do PM. No entanto, os parâmetros personalizados atribuídos aos materiais não são visíveis após a exportação do modelo .IFC. De acordo com o site da Autodesk [27], os materiais não são exportados para .IFC como elementos, mas como propriedades de elementos. Diante desta situação, a terceira rotina de programação visual do Dynamo foi executada com erros e os dados foram corrigidos manualmente no modelo.

A segunda limitação da pesquisa diz respeito a operação manual de alimentar a base de dados durante a modelagem do PM. Além de ser um trabalho moroso e levar tempo, todos os materiais que constam no PM devem estar presentes na modelagem

da edificação com as definições nas propriedades de materiais e acabamentos. É necessário que o nome do material identificado no painel “Navegador de materiais” do Revit não seja alterado quando as informações no arquivo do PM forem inseridas para que, ao alimentar os dados no modelo, essas informações sejam compatíveis.

Como terceira limitação, identifica-se que qualquer alteração a ser feita no PM requer que todo o processo seja repetido, não havendo sincronização de atualização de dados entre o Revit e as programações do Dynamo. Assim, sugestões para futuras pesquisas são a melhoria na operabilidade do modelo bem como automatização de dados e associação destes dados a bancos nacionais. Estudos sobre o uso do .IFC também precisam ser aprofundados para que haja maior compreensão sobre a perda de informação com a utilização de um arquivo neutro .IFC.

REFERÊNCIAS

[1] MUNARO, M. R.; TAVARES, S. F. **Materials passport’s review**: challenges and opportunities toward a circular economy building sector. Built Environment Project and Asset Management, v. 11, n. 4, p. 767–782, 21 out. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1108/BEPAM-02-2020-0027. Acesso em: 4/5/2024.

[2] ARUP; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (EMF). **From Principles to Practices**: First Steps Towards a Circular Built Environment. 2018. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/articles/first-steps-towards-a-circular-built-environment> Acesso em: 6/5/2024.

[3] DEFRA. **Digest of Waste and Resource Statistics**. 2015. Disponível em: <www.gov.uk/government/collections/waste-and-recycling-statistics>. Acesso em: 3/5/2024.

[4] IRP. International Resource Panel, Bringezu, S., Ramaswami, A., Schandl, H., O'Brien, M., Pelton, R. E., & Nagpure, A. S. (2017). **Assessing Global Resource Use**: A systems approach to resource efficiency and pollution reduction. United Nations Environment Programme. Disponível em: <http://www.resourcepanel.org/reports/assessing-global-resource-use> Acesso em: 3/5/2024.

[5] ARUP. **The Circular Economy in the Built Environment**. 2016. Disponível em: <https://www.arup.com/-/media/arup/files/publications/c/arup_circulareconomy_builtenvironment.pdf>. Acesso em: 3/5/2024.

[6] EMF. **Towards a circular economy**: Business rationale for an acellerated transition. 2015. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>. Acesso em: 20/4/2024.

[7] LUSCUERE, L. M. **Materials Passports**: Optimising value recovery from materials. Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management, v. 170, n. 1, p. 25–28, 2017.

[8] MUNARO, M. R.; TAVARES, S. F.; BRAGANÇA, L**. Towards circular and more sustainable buildings:** A systematic literature review on the circular economy in the built environment. Journal of Cleaner Production, v. 260, 2020.

[9] BOKKINGA, D. I. **The influence of a material passport on the value of real estate within the circular built environment**. 2018.

[10] MULHALL, D. et al. **2 Deliverable 5 lead partner**: EPEA Nederland BV Report development: EPEA Nederland BV and SundaHus i Linköping AB. Disponível em:

<https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2018/01/Framework-for-Materials-Passports-for-the-webb.pdf>. Acesso em: 22/4/2024.

[11] AGUIAR, A.; VONK, R.; KAMP, F. **BIM and Circular Design**. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Anais.2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85063400559&doi=10.1088%2f1755-1315%2f225%2f1%2f012068&partnerID=40&md5=17b34c562ab510ba700a07e71eaad327> Acesso em: 4/5/2024.

[12] NIBS. **An official publication of the National BIM Standard (NBIMS)** and the National Institute of Building Sciences (NIBS) Journal of Building Information Modeling. JBIM. 2007.

[13] TALLA, A.; MCILWAINE, S**. Industry 4.0 and the circular economy**: using design-stage digital technology to reduce construction waste. Smart and Sustainable Built Environment, v. 13, n. 1, p. 179–198, 2 jan. 2024.

[14] SCHÜTZENHOFER, S.; HONIC, M.; KOVACIC, I. **Design Optimisation via BIM Supported Material Passports**. Proceedings of the International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe. Anais. 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85119330389&partnerID=40&md5=15a59b09df3899d00881ae2a6a3e1183> Acesso em: 25/4/2024.

[15] HAO, J. L. et al. **Carbon emission reduction in prefabrication construction during materialization stage**: A BIM-based life-cycle assessment approach. Science of the Total Environment, v. 723, 25 jun. 2020.

[16] HONIC, M. et al. **Material Passports for the end-of-life stage of buildings:** Challenges and potentials. Journal of Cleaner Production, v. 319, p. 128702, 2021a.

[17] HONIC, M.; KOVACIC, I.; RECHBERGER, H**. Concept for a BIM-based Material Passport for buildings**. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Anais. Institute of Physics Publishing, 25 fev. 2019.

[18] HONIC, M. et al. **Material Passports for the end-of-life stage of buildings:** Challenges and potentials. Journal of Cleaner Production, v. 319, p. 128702, 2021b.

[19] ATTA, I.; BAKHOUM, E. S.; MARZOUK, M. M. **Digitizing material passport for sustainable construction projects using BIM**. Journal of Building Engineering, v. 43, 1 nov. 2021.

[20] SANCHEZ, B. et al. **Augmenting materials passports to support disassembly planning based on building information modelling standards**. Journal of Building Engineering, p. 109083, mar. 2024.

[21] XIA, J.; XU, X. **Construction Data Connectivity** - A New Zealand Perspective and an Environmental Focus. IEEE International Conference on Automation Science and Engineering. Anais. IEEE Computer Society, 2023.

[22] LI, Q.; WANG, Y. **Blockchain's role in supporting circular supply chains in the built environment.** Proceedings - 2021 IEEE International Conference on Blockchain, Blockchain 2021. Anais. 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85125642515&doi=10.1109%2fBlockchain53845.2021.00087&partnerID=40&md5=49b4a6f0f5c59173a0b80eebb5bf9a16> Acesso em: 3/5/2024.

[23] WANDIGA, C. A. **Methodological review**: Socio-cultural analysis criteria for BIM modeling and material passport tracking of agriwaste as a building construction raw material. MRS Energy and Sustainability, v. 7, n. 1, 2020.

[24] SANTOS, R. et al. **Informetric analysis and review of literature on the role of BIM in sustainable construction**. Automation in Construction. Elsevier B.V. 1 jul. 2019.

[25] MUNARO, M. R. et al. **Proposal of a building material passport and its application feasibility to the wood frame constructive system in Brazil**. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Anais. Institute of Physics Publishing, 25 fev. 2019.

[26] ALVES, G. F. **Passaporte de materiais a partir de modelagem da informação da construção:** Aplicação utilizando Revit e Dynamo. Curitiba. Dissertação, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. UFPR.. 2023.

[27] Autodesk Support. **Parameter of the material is not visible after exporting model to IFC from Revit.** 17 de Janeiro de 2024. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br /support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/PTB/Parameter-of-the-material-is-not-visible-after-exporting-model-to-IFC-from-Revit.html> Acesso em: 11/05/2024.