XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8998

BIM para desconstrução: o potencial do passaporte de materiais para a economia circular

BIM for deconstruction: the materials passport potential for circular economy

João Vitor Guimarães Santos
Universidade Federal da Bahia | Salvador |Brasil | joaovgs@ufba.br
Lorena Claudia de Souza Moreira
Universidade Federal da Bahia | Salvador |Brasil | lorenasm@ufba.br

Resumo

A remoção cuidadosa das partes de uma edificação em Fim de Vida (FdV) é viável por meio da desconstrução. Esta prática tem avançado a partir do conceito de Passaporte de Materiais (PM), documentação voltada à inventariação de materiais e componentes para reutilização. A presente pesquisa aborda a integração do *Building Information Modeling* (BIM) com processos de desmontagem a partir do conceito de PM. O objetivo do estudo consiste em propor uma ferramenta para criação, exportação e compartilhamento de PMs aplicada a modelos de edificações existentes operados por software BIM. Para isso, empregou-se a metodologia *Design Science Research* (DSR), incluindo uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) focada no mapeamento de soluções envolvendo BIM, bancos de dados e atividades ligadas à Economia Circular. O repertório obtido subsidiou o desenvolvimento de um plugin compatível com o Revit, associado ao protótipo de uma plataforma marketplace para circulação de materiais reaproveitados. A avaliação do artefato ocorreu por meio de testes empíricos de usabilidade, cujos resultados atestaram a eficácia da ferramenta na aplicabilidade para o fomento do reuso na indústria da construção.

Palavras-chave: Economia Circular. Desconstrução. *Building Information Modeling*. Passaporte de materiais. Sustentabilidade.

Abstract

Careful removal of components from End-of-Life (EoL) building is feasible through deconstruction. This practice has advanced through the concept of Materials Passport (MP), documentation that inventories materials and components for reuse. This research addresses the integration of Building Information Modeling (BIM) with disassembly processes based on the MP concept. The study aims to propose a tool for the creation, export, and sharing of MPs for existing building models operated through BIM sof][tware. To achieve this, the Design Science Research (DSR) methodology was adopted, including a Systematic Literature Review (SLR) to map solutions involving BIM, databases, and Circular Economy activities. The knowledge obtained supported the development of a Revit compatible plugin associated with a marketplace platform prototype for the circulation of reclaimed materials. The artifact was evaluated through empirical usability tests, whose results confirmed the tool's effectiveness in promoting reuse within the construction industry.

Keywords: Circular Economy. Deconstruction. Building Information Modeling. Materials Passport. Sustainability.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8998

INTRODUÇÃO

Dentre os ramos industriais de maior relevância econômica, a atividade da Construção Civil se configura como uma das que menos tem conseguido equalizar o índice de geração de resíduos e a recuperação dos mesmos em nível global. Dados apontam que o setor produz cerca de 2 bilhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCCs) todos os anos ao redor do mundo [1]. No Brasil, os serviços e processos da Construção Civil geraram aproximadamente 45 milhões de toneladas de resíduos sólidos em 2023, o que representou de 40% a 60% de todo volume produzido no país nesse período, conforme relatório emitido pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente [2]. Como alternativa a essa tendência, a reinserção de materiais de segunda mão nos ciclos produtivos tende a trazer benefícios significativos a partir da perspectiva da economia circular.

O reaproveitamento de materiais de construção para a mesma finalidade de seu uso original pode economizar até 95% da energia incorporada, pois há pouco ou nenhum processamento envolvido [3]. A reciclagem de materiais, por meio de trituração, derretimento ou fundição, costuma ser menos eficiente; normalmente economizando de 5% para vidro até 95% para alumínio, com a maioria dos outros materiais de construção na parte inferior desta faixa [4]. Com vias a possibilitar o reuso adequado desses produtos, faz-se necessário adotar métodos ligados à desconstrução (ou desmontagem), definida pela ISO 20887-1:2020 como a “remoção não-destrutiva de obras de construção sob a forma de materiais constituintes ou componentes” (ISO 20887-1, p. 3, tradução nossa) [5].

Nesse sentido, o tratamento e aplicação das informações dos materiais para reuso a partir da desmontagem foi sistematizado a partir do conceito de Passaporte de Materiais (PM), antes nomeado Certificado de Nutriente. O PM se refere ao conjunto de dados descritores das características dos materiais, conferindo-lhes valor para recuperação e reuso [6]. A integração entre Passaporte de Materiais e BIM reúne diversas vantagens, entre elas a mitigação de inconsistências, economia de tempo e esforços e compartilhamento de informações de sustentabilidade [7]. Dado, portanto, os desafios contemporâneos no tocante à dificuldade na gestão e verificação de informações sobre materiais de reuso, o objetivo primário do estudo aqui resumido, proveniente de uma dissertação, foi propor uma ferramenta para a criação, exportação, compartilhamento e publicação de Passaporte de Materiais aplicada a modelos de edificações existentes para a circularidade de componentes construtivos de segunda mão. A fim de concretizar esse intuito, foi empregada a revisão de bibliografia, incluindo uma RSL e a proposição de um artefato tecnológico.

MATERIAIS E MÉTODOS

A estrutura da pesquisa teve como lastro epistemológico a metodologia *Design Science Research* (DSR), ou Pesquisa baseada em Ciência de Projeto. A DSR é um paradigma centrado na produção de artefatos científicos visando a solução de problemas e melhoria de sistemas existentes pela qual se deseja expandir as fronteiras das capacidades individuais e organizacionais [8]. O artefato buscado consistiu numa ferramenta BIM para inventariação e compartilhamento de dados sobre componentes

construtivos reaproveitáveis mediante o princípio do Passaporte de Materiais. O faseamento da DSR foi dividido em passos de caráter processual, no qual cada etapa gera produtos que alimentam os passos seguintes [9]**.** A etapa de validação deste artefato foi conduzida por meio de testes empíricos de usabilidade disponibilizados separadamente para um grupo de indivíduos que compunham o público-alvo da pesquisa: engenheiros, arquitetos e demais profissionais e pesquisadores do campo da construção civil.

Dentro da *Design Science Research*, a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) é o instrumento pelo qual o pesquisador efetiva a conscientização do problema e corrobora a justificativa por novas investidas que dilatem o conhecimento sobre o tema estudado. Configura-se, portanto, como indispensável para substancializar um acervo literário verificável, tornando viável autenticar os passos dados através do detalhamento do protocolo de pesquisa. Para obter a leitura mais ampla possível dos estudos sobre BIM, bancos de dados e reuso de materiais, temas norteadores do trabalho, foram realizadas duas revisões desta natureza: uma direcionada à produção científica internacional relacionada à área de estudo, e outra especificamente concentrada nos trabalhos brasileiros. O Quadro 1 organiza as etapas da metodologia DSR e o produto correspondente a cada uma.

Quadro 1: produtos por etapa da DSR

Etapa da DSR	**Produtos gerados por etapa**
Identificação do problema e elaboração das questões da pesquisa	Questões formalizadas sobre o universo BIM e reuso de materiais
Conscientização do problema	RSL em fontes nacionais e internacionais sobre o tema
Identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas	Instanciações e classes de problemas organizadas sobre BIM e reuso
Proposição do Artefato	Proposta da ferramenta “ReUse”, composta de *plugin* para o Autodesk Revit e plataforma de *Marketplace*
Projeto do Artefato selecionado	Projeto do “ReUse” e definição das técnicas de avaliação do artefato - submissão para o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)
Desenvolvimento do artefato	Definição dos requisitos funcionais e não-funcionais da ferramenta
Avaliação do artefato – heurísticas contingenciais	Definição das heurísticas contingenciais (limitações e correções)
Explicitação das aprendizagens	Aprendizagens formalizadas
Conclusões	Principais decisões tomadas
Generalização para uma classe de problemas	Generalização das heurísticas para classes de problemas
Comunicação de resultados	Publicação de artigos e apresentações

Fonte: adaptado de Sampaio e Costa Filho [10].

O principal avanço em virtude do levantamento estruturado do estado da arte a respeito da modelagem da informação da construção articulada com tecnologias de bancos de dados para processos de reutilização de materiais foi identificar o perfil das abordagens já explorados. O Quadro 2 apresenta a síntese do protocolo de coleta de

trabalhos durante a RSL e o Quadro 3 indica alguns dos estudos mais representativos em meio à amostra de trabalhos lidos.

Quadro 2: Síntese do protocolo de coleta da RSL

Intervenção		Bancos de dados de materiais reaproveitados associados com modelos BIM
Controle		Bertino *et al*, 2021 | Cai; Waldmann, 2019 | Charef; Emmitt, 2021 | Copeland; Bilec, 2020 | Rose; Stegemann, 2019
Universo		Sistemas de banco de dados aplicados à gestão de materiais reutilizáveis na cadeia da construção em interface com o BIM
Critérios de coleta	**Fonte**	Scopus (https://www.scopus.com)
		Web of Science (https://www.webofscience.com)
		ScienceDirect (https://www.sciencedirect.com)
	Idioma	Inglês
	Termos de busca	[("*building information modeling*" OR "*building Information modelling*" OR "BIM") *AND* ("*Circular Economy*" OR "Circularity" OR "CE") *AND* ("*reuse*" OR "*reusing*" OR "*recycle*" OR "*recycling*")]
	Campo de busca	Título, resumo e palavras-chave

Fonte: os autores.

Quadro 3: Amostra de trabalhos identificados na Revisão Sistemática

Referência	**Ênfase**	**Proposta do estudo**
Barreto Neto *et al*. (2021)	Controle, identificação e transação de Resíduos de Construção e Demolição	Estrutura de plataforma para controle da gestão, compra e venda de RCD por meio de registro *blockchain*
Santos *et al.* (2022)		Solução baseada em *blockchain*, contratos inteligentes e BIM para promoção da circularidade dos materiais
Jayasinghe e Waldmann (2020)	Controle, identificação e transação de RCDs e componentes construtivos	Proposição de sistema baseado em BIM para extração de dados de materiais a partir de uma plataforma Web
Xing, Kim e Ness (2020)	Gestão das informações de materiais através de plataforma *online*	Sistema Ciber-Físico (*Cyber Physical System* – CPS) baseado na lógica de intercâmbio de dados por meio do uso integrado de Etiquetas de identificação por radiofrequência

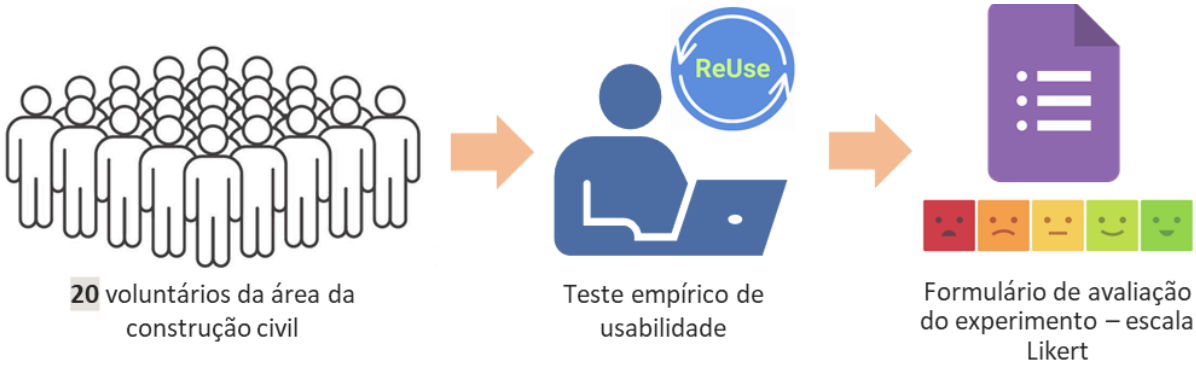
Fonte: os autores.

MEIOS DE VALIDAÇÃO

Ainda na esfera dos instrumentos metodológicos estruturados com base na DSR, a avaliação da solução foi conduzida através de testes de usabilidade aplicados individualmente, a partir dos quais cada voluntário se dispôs a executar uma tarefa utilizando as funcionalidades do plugin, para, em seguida, responder um questionário estruturado com três sequências de perguntas, sendo as questões relacionadas à

experiência em si baseadas na escala *Likert*. A escala *Likert* é um recurso de medição psicométrica largamente usado em questionários de autorrelato, ou seja, nos quais as respostas dadas pelo individuo são registradas por ele próprio. Baseia-se num conjunto de afirmativas aplicadas a uma situação real hipotética ou sob estudo em que o participante é convidado a demonstrar o seu nível de concordância para cada uma das sentenças. Joshi *et al.* (2015) [11] , destacam que a combinação entre as respostas revela a dimensão da atitude de quem responde com relação ao contexto apresentado, apontando, assim, uma tendência comportamental. Cumpre informar, a esse respeito, que o experimento só foi realizado após aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa. A Figura 1 ilustra o processo de avaliação do artefato composto pelo *plugin* e pela página *online.*

Figura 1: Síntese do artefato e do método de validação



Fonte: os autores.

A partir do conjunto de premissas aqui citados, pôde-se proceder para a etapa técnica e operacional de desenvolvimento e posterior aplicação do artefato.

DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

O artefato intitulado “ReUse” foi desenvolvido a partir do software Microsoft Visual Studio, versão 2022, com o uso da linguagem de programação C# integrado a interface de programação do software Autodesk Revit. A ferramenta desenvolvida apresenta as funcionalidades principais de criar parâmetros no modelo BIM, preencher os dados referentes a cada um dos elementos a serem desmontados e exportar o Passaporte de Materiais resultante com as informações verificadas para uma plataforma de *marketplace,* permitindo com que os dados sirvam para a criação e publicação de anúncios de venda ou doação de materiais após a sua desconstrução, considerando o respectivo lote identificado no PM. Foram acrescentados ainda recursos ligados à logística de transporte e indicadores de carbono incorporado no lote, prevendo escalabilidade e implementações futuras. O modelo de informação utilizado para a experimentação da ferramenta por parte do grupo de voluntários consistiu numa edificação do programa “Minha Casa, Minha Vida” do Governo Federal (Figura 2).

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8998

Figura 2: Modelo BIM utilizado na pesquisa



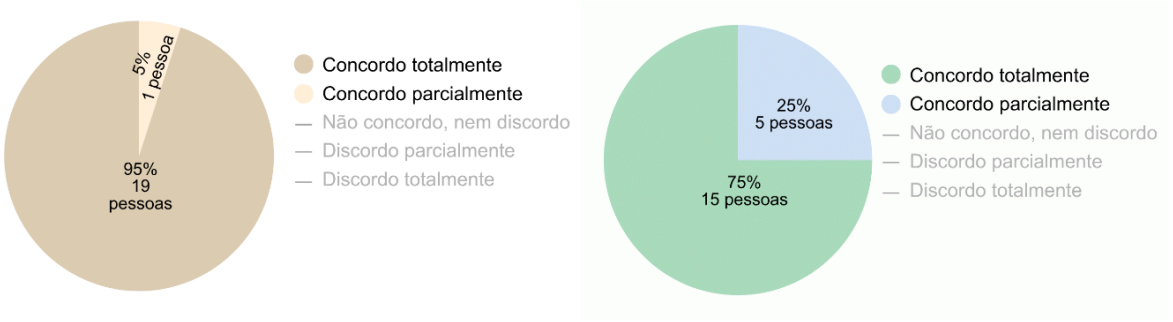
Fonte: os autores.

A verificação dos dados da etapa de avaliação se deu na mesma ordem da estruturação do formulário eletrônico, começando pelo bloco de caracterização da participante, seguido pela experiência individual em relação à tarefa realizada, e concluindo com um espaço para contribuições, de caráter optativo. A esse respeito, menciona-se que todas as 20 (vinte) pessoas participantes responderam as 11 (onze) perguntas sem delimitação de tempo, interferência, sugestionamento ou monitoramento. O primeiro dado verificado é a proporção no que tange à autodeclaração de gênero das participantes. “Homem cisgênero” correspondeu a 11 (onze) respostas (55%), enquanto “Mulher cisgênero”, a 9 (nove) respostas, equivalente a 45% do total da amostra. A respeito da faixa etária, tem-se um público também heterogêneo, formado por pessoas de gerações diferentes. A parcela mais representativa foi de participantes entre 25 e 34 anos, totalizando 10 (dez) pessoas (50%). O perfil de atuação também se mostrou amplo, com atuações em diferentes segmentos da construção.

Após a etapa de caracterização, o formulário aplicado se concentrou na experiência que a participante teve em relação ao teste realizado. Este bloco é formado por seis questões baseadas na escala *Likert*, variando em cinco níveis, a citar: “Concordo totalmente”, “Concordo parcialmente”, “Não concordo, nem discordo”, “Discordo parcialmente” e “Discordo totalmente. Ao invés de uma pergunta direta, portanto, mede-se o quanto cada indivíduo se sente representado pelo enunciado. A primeira afirmativa tratava do desempenho da ferramenta no que se refere à resposta computacional aos comandos realizados pelo usuário. A ampla maioria (19 pessoas) alegou concordar totalmente com a frase, enquanto uma pessoa (5%) demonstrou concordância parcial. As demais opções não constaram entre as respostas. Já com relação à facilidade de interação com o artefato sem a necessidade de explicações elaboradas, 15 pessoas (75%) concordaram que a aplicação se mostrou acessível para uma primeira aproximação sem que fosse preciso longas explicações. A Figura 3 ilustra as respostas em questão para as duas premissas.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8998

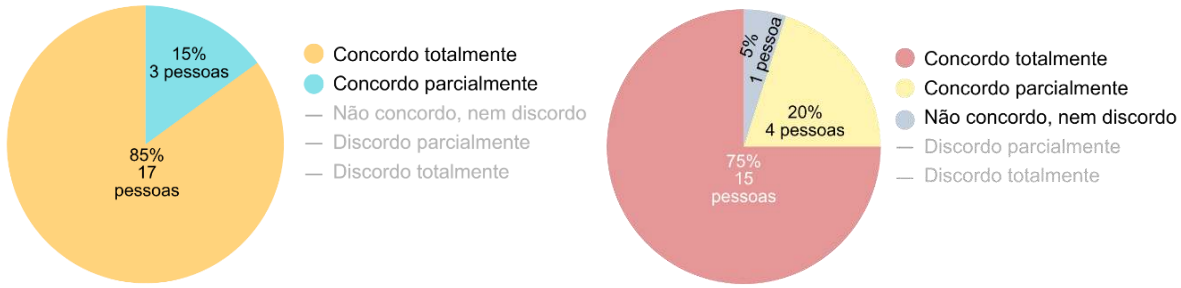
Figura 3: "O *plugin* respondeu adequadamente aos comandos realizados, sem ocorrência de erros" (à esquerda); "A aplicação se mostrou fácil de usar, dispensando explicações muito detalhadas" (à direita)



Fonte: os autores.

Além disso, buscou-se entender também como as participantes viam o Passaporte de Materiais em formato .xlsx quanto à legibilidade, organização e compreensibilidade. Das pessoas entrevistadas, 17 (85%) afirmaram estar totalmente de acordo com a ideia de que o arquivo exportável permite a fácil leitura e entendimento das propriedades dos materiais destinados ao reuso. Em sequência, a afirmativa que foi avaliada dizia respeito à utilidade prática dos dados contidos no Passaporte de Materiais exportado para processos de planejamento do reuso dos itens. Mais uma vez, a grande parte das reações esteve favorável à colocação de que os dados contemplados no PM são suficientes para subsidiar as decisões relativas à reutilização (15 pessoas em total concordância e 4 em parcial concordância, resultando em 75% e 20%, respectivamente). Uma pessoa (5%), porém, afirmou não concordar, nem discordar da afirmativa, o que mostra que essa avaliação foi uma pouco mais divisiva entre as registradas. A Figura 4 ilustra a opinião em relação às duas frases.

Figura 4: "O arquivo exportável permite fácil leitura e entendimento das propriedades dos materiais" (à esquerda); "Os dados contemplados no Passaporte de Materiais são suficientes para planejar a reutilização desses produtos em outros projetos de arquitetura" (à direita)



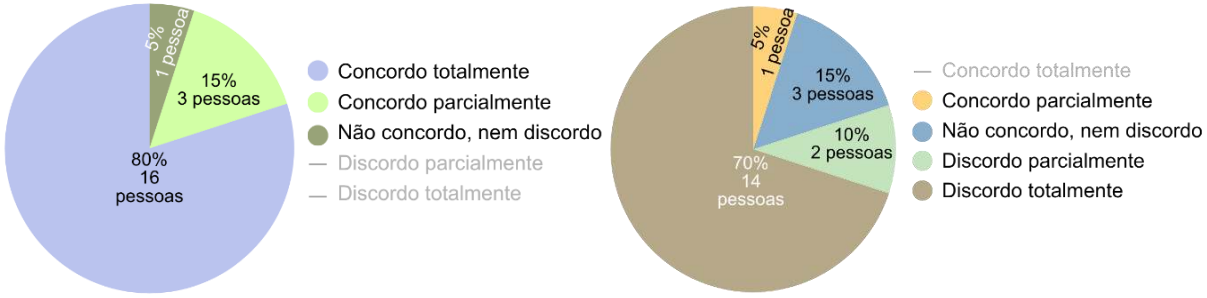
Fonte: os autores.

A frase posterior do questionário entrou no mérito da utilidade prática da ferramenta "ReUse" na visão das 20 (vinte) participantes. Acerca da mesma, 15 (quinze) delas se mostraram totalmente favoráveis à ideia de que a tecnologia proposta seria proveitosa em atividades nas quais já estiveram envolvidas, o que representa 80% do total de voluntários. Encerrando o levantamento, colocou-se para análise o aspecto da

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8998

novidade do artefato, de modo a entender o quão original a ferramenta ou seu processo de funcionamento se mostrava ao olhar de cada participante do experimento em relação à própria vivência. Os resultados dos itens finais do questionário estão ilustrados na Figura 5.

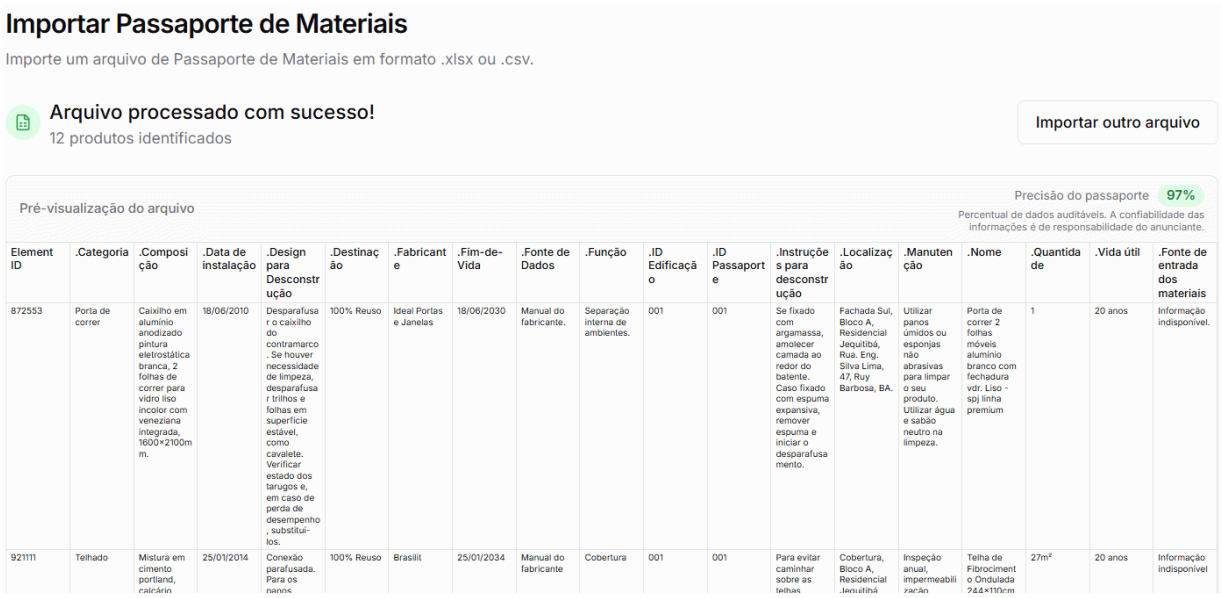
Figura 5: "Enxergaria utilidade prática da tecnologia proposta em atividades nas quais já esteve envolvido(a)" (à esquerda); "Já teve contato prévio com ferramenta muito similar a apresentada nesse estudo" (à direita)



Fonte: os autores.

Ao término do bloco dos itens baseados na escala Likert, o formulário aplicado continha um campo de preenchimento textual o qual dava a opção ao voluntário registrar críticas, observações, elogios ou qualquer pontuação que porventura não tivesse sido contemplada ao longo das afirmações já respondidas. Esta seção não interferia na conclusão do questionário, mas ainda assim foi preenchida por 12 dos 20 voluntários. Os relatos coletados atestavam satisfação e entusiasmo com a ferramenta, além de oferecerem sugestões de melhoria e recomendações de funcionalidades adicionais ao produto demonstrado.

Figura 6: Visualização do Passaporte de Materiais dentro da plataforma



Importar Passaporte de Materiais

Importe um arquivo de Passaporte de Materiais em formato .xlsx ou .csv.

Arquivo processado com sucesso!
12 produtos identificados

Importar outro arquivo

Pré-visualização do arquivo

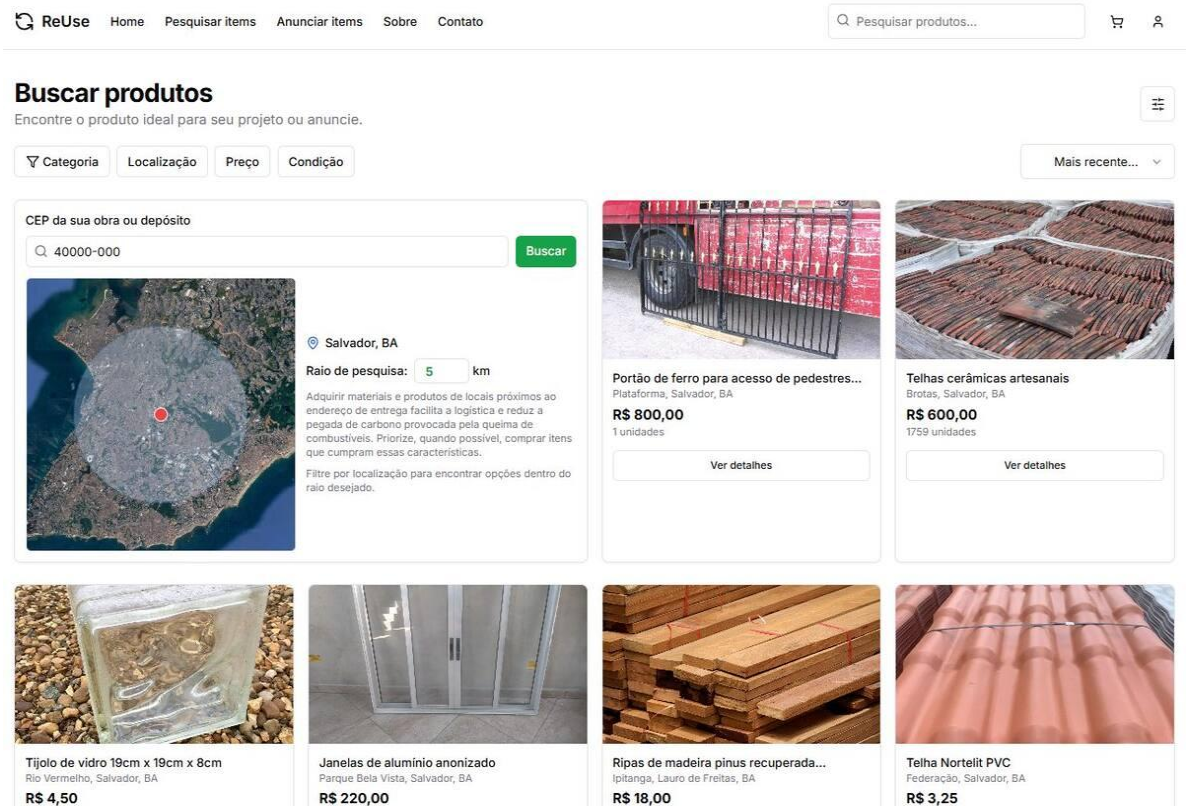
Precisão do passaporte 97%
Percentual de dados auditáveis. A confiabilidade das informações é de responsabilidade do anunciante.

Element ID	.Categoria	.Composição	.Data de instalação	.Design para Desconstrução	.Destinação	.Fabricante	.Fim-de-Vida	.Fonte de Dados	.Função	.ID Edificação	.ID Passaporte	.Instruções para desconstrução	.Localização	.Manutenção	.Nome	.Quantidade	.Vida útil	.Fonte de entrada dos materiais
872553	Porta de correr	Caixilho em alumínio anodizado pintura eletrostática branca, 2 folhas de correr para vidro liso incolor com veneziana integrada, 1600×2100mm.	18/06/2010	Desparafusar o caixilho do contramarco. Se houver necessidade de limpeza, desparafusar trilhos e folhas em superfície estável, como cavalete. Verificar estado dos tarugos e, em caso de perda de desempenho, substituí-los.	100% Reuso	Ideal Portas e Janelas	18/06/2030	Manual do fabricante.	Separação interna de ambientes.	001	001	Se fixado com argamassa, amolecer camada ao redor do batente. Caso fixado com espuma expansiva, remover espuma e iniciar o desparafusamento.	Fachada Sul, Bloco A, Residencial Jequitibá, Rua. Eng. Silva Lima, 47, Ruy Barbosa, BA.	Utilizar panos úmidos ou esponjas não abrasivas para limpar o seu produto. Utilizar água e sabão neutro na limpeza.	Porta de correr 2 folhas móveis alumínio branco com fechadura vdr. Liso - spj linha premium	1	20 anos	Informação indisponível.
921111	Telhado	Mistura em cimento portland, calcário	25/01/2014	Conexão parafusada. Para os panos	100% Reuso	Brasilit	25/01/2034	Manual do fabricante	Cobertura	001	001	Para evitar caminhar sobre as telhas	Cobertura, Bloco A, Residencial Jequitibá	Inspeção anual, impermeabilização	Telha de Fibrocimento Ondulada 244×110cm	27m²	20 anos	Informação indisponível

Fonte: os autores.

Tomando por base a estratificação dos dados, portanto, é lógico afirmar que o experimento obteve um saldo positivo no que se refere à aprovação do seu desempenho operacional e metodológico na visão das participantes. Ainda que não se possa negar que o artefato (Figura 6) apresentasse também, ao olhar do mesmo público, margem para refinamento, as avaliações individuais apontam para um elevado índice de receptividade e satisfação com o que foi apresentado, caracterizando o artefato "ReUse" como bem-sucedido em propor uma ferramenta para criação, exportação e compartilhamento de Passaporte de Materiais aplicada a modelos BIM associada a uma plataforma de comercialização (Figura 7) destes componentes.

Figura 7: Interface da aba de pesquisa de produtos na plataforma online da ferramenta "ReUse"



Fonte: os autores.

CONCLUSÃO

O êxito da ferramenta proposta pode ser visto como uma importante demonstração do potencial existente na integração do BIM com práticas voltadas para economia circular. Com base nos resultados, é seguro afirmar que o passaporte de materiais deve ser encarado como elo de aproximação entre fornecedores e interessados no âmbito dos fluxos de produtos de segunda mão, incentivando um mercado ainda pouco explorado formalmente pela indústria e seus agentes de maior impacto. Nesse contexto, verifica-se uma outra camada, a qual está ligada à implementação dessas práticas sob a perspectiva da gestão de Habitações de Interesse Social. A recuperação de materiais a partir dos princípios de desmontagem pode tanto baratear a execução de novos projetos, como tornar a desativação de edifícios uma possível oportunidade de recolocar produtos conservados em circulação.

Em complemento ao exposto, reforça-se ainda o caráter escalável da ferramenta "ReUse", a qual possui condições de adquirir outras nuances a depender de implementações e adaptações futuras. Nessa vertente, enxerga-se que o aspecto de inovação do presente trabalho reside sobretudo na combinação e integração de tecnologias pouco investigadas em associação umas com as outras, apresentando, nesse contexto, certo grau de ineditismo na produção acadêmica a respeito do reuso de materiais. Embora a desmontagem seja uma prática milenar, a qual remonta às temporárias habitações dos povos nômades, revisitá-la a partir das ferramentas digitais do século XXI se mostra uma abordagem moderna e voltada para as urgências do presente e do futuro.

Reconhece-se, no entanto, que o presente trabalho apresenta algumas limitações que devem ser destacadas, dentre as quais pode-se mencionar o software BIM optado para a criação e operacionalização do *plugin*, bem como o conjunto de parâmetros listados para a definição do passaporte de materiais. Nesse contexto, futuros trabalhos podem se debruçar na formulação de novos modelos de Passaporte de Materiais, assim como avaliar modelos já propostos a partir de critérios específicos. Encoraja-se, ademais, estudar formas de extração de dados de materiais de reuso a partir de ferramentas neutras e interoperáveis, dentro dos princípios do Open BIM.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] United Nations Environment Programme (2025). **Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025**: Not just another brick in the wall – The solutions exist. Scaling them will build on progress and cut emissions fast. Paris. https://wedocs.unep.org/20.500.11822/47214

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE**. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023**. Disponível em: https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf. Acesso em 15 mar. 2024.

[3] CROWTHER, P. Re-valuing construction materials and components through design for disassembly. *In*: Unmaking waste in production and consumption: Towards the circular economy. 13 set. 2018, p. 309-321. Emerald Publishing Limited. DOI: https://doi.org/10.1108/978-1-78714-619-820181024. Acesso em: 10 fev. 2024.

[4] SATTARY, S.; THORPE, D. Optimizing embodied energy of building construction through bioclimatic principles. *In*: Procs 28th Annual ARCOM Conference 2012 Sep 5 (pp. 3-5). Edinburgh, UK: Association of Researchers in Construction Management. Proceedings […]. Disponível em: https://www.arcom.ac.uk/docs/proceedings/ar2012-1401-1411_Sattary_Thorpe.pdf. Acesso em: 11 fev. 2024.

[5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (2020). **Sustainability in buildings and civil engineering works** (ISO Standard No. 20887:2020).

[6] HANSEN, K.; BRAUNGART, M.; MULHALL, D. Materials Banking and Resource Repletion, Role of Buildings, and Materials Passports. **Sustainable Built Environments**. p. 677–702, 1 jan. 2020. Disponível em: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-1-07160684-1_420. Acesso em: 24 abr. 2024.

[7] ATTA, I.; BAKHOUM, E. S.; MARZOUK, M. M. Digitizing material passport for sustainable construction projects using BIM. **Journal of Building Engineering**, v. 43, nov. 2021, p. 103233. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710221010913. Acesso em: 27 mai. 2024.

[8] HEVNER, A.R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design science in information systems research. **MIS Quarterly**, 28 (1), 75-105, 2004. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/25148625. Acesso em: 11 mar. 2024.

[9] SARMENTO, T. S.; VILLAROUCO, V. Projetar o ambiente construído com base em princípios ergonômicos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 121-140, jul./set. 2020. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000300421

[10] SARMENTO, T. S., COSTA FILHO, L. Design Science Research como eixo metodológico para o projeto do ambiente educacional híbrido. **Fronteiras do design: ergonomia e tecnologia (em foco)** - Vol. 4. Vol. 4. No. 1. Blucher Open Access, 2024.

[11] JOSHI, A.; KALE, S.; CHANDEL, S.; PAL, K. Likert Scale: Explored and Explained. **British Journal of Applied Science & Technology**, v.7(4), pp. 396-403, 20 fev. 2015. Disponível em: https://timothydavidson.com/Library/Articles/13.%20Duplicate%20articles%20to%20be%20d elete/Joshi-2015-%20Likert%20scale%20Explored%20and%20explained-DUP.pdf. Acesso em: 16 jun. 2025.