

## **AVALIAÇÃO DE DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTOS (DAPS) DE MADEIRAS PARA O WOOD FRAME: UMA ANÁLISE CRÍTICA**

### *ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATIONS (EPDS) OF WOOD PRODUCTS FOR WOOD FRAME CONSTRUCTION: A CRITICAL ANALYSIS*

Thomas Ilg Gavinho<sup>1</sup>; Arthur Ferreira de Araujo<sup>2</sup>; Carolina Mendonça de Freitas Mendes de Souza<sup>3</sup>; Lucas Rosse Caldas<sup>4</sup>

*1Arquiteto e Urbanista | thomas.gavinho@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; 2Mestre | arthur.araujo@coc.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; 3Arquiteta e Urbanista | carolina.souza@coc.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil; 4Doutor | lucas.caldas@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil.*

#### **Resumo:**

Atualmente a crise climática é evidente, onde 37% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) provém de fontes relacionadas à construção e manutenção de uso dos edifícios. As Declarações Ambientais de Produto (DAPs) são documentos que apresentam os impactos ambientais associados ao ciclo de vida de um produto. DAPs tornaram uma importante ferramenta de informação para o setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) mitigar os seus efeitos sobre o aquecimento global. Este artigo tem como objetivo fazer uma análise crítica com foco nas emissões de GEE de DAPs de produtos de madeira utilizados em sistemas construtivos do tipo wood frame. A partir do levantamento em plataformas internacionais de busca de DAPs e base de dados especializadas, foram analisadas as informações apresentadas por 26 declarações de diferentes países. Em média, as emissões foram de -774 kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup> (método EN 15804+A2, CEN, 2019) e 78 kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup> (método TRACI). Estes resultados apontam para desafios significativos na comparabilidade entre produtos, devido principalmente a: (1) variações metodológicas entre as abordagens utilizadas e (2) lacunas na apresentação de informações essenciais. Constatou-se ainda a predominância da publicação de DAPs em países do Norte Global, revelando uma assimetria geográfica na disponibilidade e padronização desses documentos.

#### **Palavras-chave:**

*Declarações ambientais de produto; madeira; wood frame; análise*

#### **Abstract:**

Currently, the climate crisis is becoming increasingly evident, with approximately 37% of global greenhouse gas (GHG) emissions originating from construction activities and the operational use of buildings. Environmental Product Declarations (EPDs) are documents that report the environmental impacts associated with a product's life cycle. They have become a key informational tool for the Architecture, Engineering, Construction, and Operation (AECO) sector to mitigate its contributions to global warming. This article aims to critically analyze EPDs of wood-based products used in wood frame construction systems, focusing on GHG emissions. Based on a survey of international EPD databases and search platforms, the study analyzed the data presented in 26 declarations from different countries. On average, emissions were -774 kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup> (EN 15804+A2, CEN, 2019) method) and 78 kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup> (TRACI method). These results highlight significant challenges in comparing products, mainly due to: (1) methodological discrepancies between assessment approaches; and (2) gaps in the reporting of essential information. Additionally, the study found a concentration of EPD publications in countries of the Global North, revealing a geographic asymmetry in the availability and standardization of such documents.

#### **Keywords:**

*Environmental Product Declarations; wood; wood frame; analysis*

## 1. INTRODUÇÃO

O momento atual é de crise climática. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas afirma que “as atividades humanas, principalmente por conta da emissão de gases de efeito estufa (GEE), causaram inequivocadamente o aquecimento global [...]” (IPCC, 2022). Dentre as atividades antropogênicas, cerca de 40% das emissões globais de GEE são provenientes de fontes relacionadas à construção e manutenção de uso dos edifícios residenciais e não-residenciais (UNEP, 2022).

As Declarações Ambientais de Produto (DAPs) são documentos que auxiliam na escolha de materiais a serem utilizados em projetos, pois apresentam valores dos potenciais impactos ambientais de produtos manufaturados pela indústria para diversas categorias de impacto ao longo de todo o ciclo de vida. Nesse sentido, as DAPs funcionam como uma ferramenta a favor da mitigação dos GEE para diversos setores, como o da construção e edificações. As DAPs possuem validade de 5 anos e suas diretrizes são regulamentadas pela NBR ISO 14025 (ABNT, 2006a), que define como os dados devem ser estruturados a partir da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (ABNT, 2006b), seguindo quatro fases interativas: definição de objetivo e escopo, análise de inventário de ciclo de vida, avaliação do impacto do ciclo de vida, e interpretação. Dessa forma, é possível uniformizar o método de produção das DAPs de maneira que elas sejam objetivas e comparáveis e que seus dados sejam transparentes e verificáveis (Hoxha *et al.*, 2025).

Dentre as técnicas construtivas usuais, para sistemas estruturais ou de vedação, o sistema *wood frame*, apresenta vantagens, como a “racionalização de material, flexibilidade operacional, agilidade produtiva, custos competitivos e, também, pelos níveis eficientes de limpeza e tempo de montagem” (Sotsek e Santos, 2018). As DAPs referentes aos insumos utilizados nesse sistema se tornam importantes para entender como o processo de produção impacta o ambiente. A madeira, como principal componente, pode contribuir para a diminuição da emissão de GEE (Tupenaite *et al.*, 2023), por seu processo de crescimento natural, que captura carbono da atmosfera e armazena em sua composição (Bergman *et al.*, 2014). Esse processo é conhecido como sequestro de carbono e pode resultar em um balanço negativo de GEE, a depender da origem e processamento da madeira e das premissas adotadas na ACV.

Apesar do potencial das DAPs em fornecer informações primárias sobre impactos ambientais de maneira transparente e organizada a tomadores de decisão e projetistas, Fischer *et al.* (2019) apontam a limitação com relação a comparabilidade entre DAPs; Hoxha *et al.* (2025) destacam a descentralização dos dados e de suas bases como um dificultador de acesso; enquanto Aragón e Alberti (2024) pontuam a desarmonização das informações entre DAPs como um dificultador de comparabilidade. Assim, o objetivo deste artigo consiste em analisar essas dificuldades através do levantamento das DAPs de produtos de madeira para *wood frame* com foco nas emissões de GEE. Este trabalho visa esclarecer como as DAPs de madeiras estão organizadas e poderá facilitar o uso desses documentos por diferentes atores do setor, desde pesquisadores até seu uso no mercado.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. RELEVÂNCIA CONCEITUAL DAS DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO

As DAPs representam uma das respostas da indústria da construção civil frente à crise climática por fornecerem informações claras e padronizadas, auxiliando profissionais do setor na tomada de decisões mais sustentáveis ainda na etapa de concepção do projeto (Anderson e Moncaster, 2020).

Os dados de emissão de GEE, nas categorias de potencial de aquecimento global ou mudança climática, possuem grande relevância no que toca à avaliação final de um produto, principalmente pela importância na agenda global para a redução da emissão dos GEE como forma de mitigar a mudança climática. Além de ser um dado de alta confiabilidade por conta dos seus métodos de obtenção e vasta abordagem em estudos de ACV (Andersen *et al.*, 2021; Hansen *et al.*, 2024; Petrovic *et al.*, 2024), essa categoria de impacto fornece um tipo de dado que confere um dano

global, em oposição às demais categorias que representam, em sua maioria, danos regionais ou locais, como a eutrofização, acidificação, toxicidade, entre outros.

Desde 2012, quando foi publicada a primeira norma europeia para a harmonização das DAPs voltadas à construção civil, a EN 15804 vem sendo utilizada como parâmetro para publicação das DAPs que estejam nesse escopo da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). Em 2019 a norma foi atualizada, sendo publicada como EN 15804+A2 (CEN, 2019).

Inseridas no contexto de emergência climática, as DAPs podem se tornar documentos referenciais para os consumidores tomarem decisões sobre qual produto adquirir a partir de dados confiáveis e comparáveis. No campo da AECO, onde a construção de um edifício chega a ter uma diversidade de materiais da ordem de grandeza de centenas, as DAPs podem ser o ponto de partida para que uma decisão seja feita referente à questão ambiental.

Atualmente, existem diversas plataformas internacionais de busca de DAPs online e gratuitas, além das bases de dados de diferentes países. Segundo dados levantados por Anderson (2024), utilizando dados de 39 plataformas e bases internacionais, a soma de todas as DAPs (de produtos do setor da AECO) atualmente disponíveis gratuitamente nessas plataformas, atinge mais de 23.000, considerando as DAPs que seguem a norma EN 15804+A2 (CEN, 2019). O autor destaca ainda que a busca em janeiro de 2024 na plataforma EC3<sup>1</sup> disponibilizou 70.888 DAPs, sendo a maioria (86%) relacionada ao concreto. Materiais relacionados a madeira como *timber* e *wood*, representam 0,6%, com apenas 423 DAPs.

## 2.2. SISTEMA WOOD FRAME E O CICLO DE VIDA DE PRODUTOS A BASE DE MADEIRA

O sistema *wood frame* envolve diversos componentes, sendo a estrutura interna geralmente composta por madeira maciça de espécies de coníferas, como o pínus. As paredes internas costumam ser preenchidas com materiais isolantes, como lã de vidro ou espuma, e revestidas com chapas de OSB. Já os acabamentos externos podem incluir placas cimentícias ou gesso acartonado. Neste trabalho, o foco é a análise de DAPs referentes especificamente à estrutura interna do sistema *wood frame*, ou seja, às madeiras maciças produzidas com o objetivo de serem utilizadas nesse tipo de construção.

A primeira fase de um estudo de ACV (A1–A5), segundo a organização da EN 15978 (2011), da madeira serrada utilizada como miolo estrutural em sistemas *wood frame* abrange desde a extração até a instalação do material na obra, conforme é apresentado na Figura 1. Para a análise de dados, foram considerados os resultados da ACV (disponibilizados nas DAPs) apenas da primeira etapa de produção (A1-A3).

---

<sup>1</sup> BUILDING TRANSPARENCY. EC3 Tool. Site institucional. Disponível em: <https://buildingtransparency.org/ec3/material-search>.

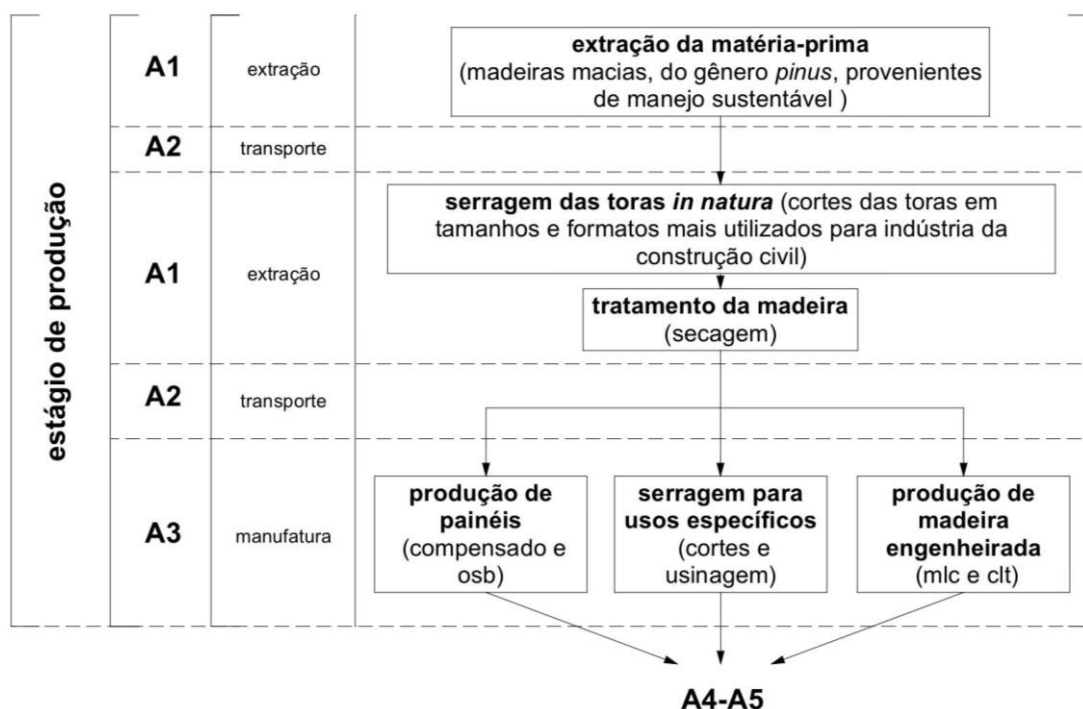


Figura 1: Fluxograma das etapas de produção até instalação de madeira serrada para uso em sistemas *wood frame*.

Fonte: os autores, com base nos fluxogramas apresentados pelas DAPs analisadas no estudo.

Na etapa A1, considera-se o cultivo florestal da madeira - geralmente de espécies de árvores que se adaptam bem ao monocultivo e com alta taxa de crescimento -, incluindo práticas de manejo sustentável, preparo do solo, plantio e crescimento até o corte das árvores. A fase A2 refere-se ao transporte das toras até a serraria, levando em conta as distâncias percorridas, o tipo de transporte utilizado (comumente rodoviário) e o consumo de combustíveis fósseis. Em A3, ocorre o processamento da madeira: serragem, secagem (natural ou artificial), beneficiamento, classificação e embalagem, com contabilização do uso de energia e geração de resíduos como serragem e aparas.

### 3. MÉTODOS

#### 3.1. COLETA DOS DADOS

Para o levantamento das DAPs foram utilizadas as seguintes plataformas de busca: (1) *International EPD System*<sup>2</sup>, de origem sueca; (2) *EC3 - Embodied Carbon in Construction Calculator*, de origem estadunidense; (3) *ECO*<sup>3</sup>, plataforma que reúne DAPs de diversas outras bases de dados e o site da *American Wood Council*<sup>4</sup>, associação comercial que representa os fabricantes de madeira na América do Norte.

Inicialmente foram feitas buscas com o termo “*wood frame*”, gerando 53 DAPs conforme Figura 2. Em todos os casos, foi necessário selecionar a opção que restringe a busca exclusivamente a materiais de construção. Essa etapa funcionou como um filtro inicial e foi aplicada em todas as buscas realizadas, a fim de garantir a aderência ao escopo deste artigo.

Diante da limitação inicial dos resultados, foram ampliados os termos de busca para madeiras serradas, engenheiradas e planificadas, adicionando o termo “*timber*” (n=211), e aplicando o filtro

<sup>2</sup> INTERNATIONAL EPD SYSTEM. Site institucional. Disponível em: <https://www.environdec.com/home>.

<sup>3</sup> ECO PLATFORM. Site institucional. Disponível em: <https://www.eco-platform.org/home.html>.

<sup>4</sup> AMERICAN WOOD COUNCIL (AWC). Site institucional. Disponível em: <https://awc.org/>.

pelos títulos das declarações diretamente nas plataformas. Como resultado, foram acrescentadas mais 36 DAPs para análise e seleção.

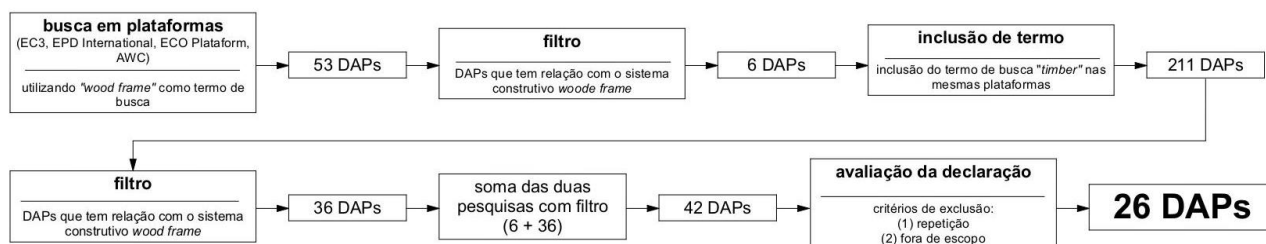


Figura 2: Fluxograma da metodologia. Etapas de busca e seleção de DAPs.

Fonte: os autores

Das 42 DAPs inicialmente consideradas, após uma avaliação mais cuidadosa, foi constatado que 5 se repetiam, e 11 estavam fora de escopo. Por fim, foram excluídos 16 DAPs seguindo esses dois critérios, sobrando 26 que atendiam ao nosso escopo de pesquisa e passaram para a etapa de análise.

### 3.2. EXTRAÇÃO DOS DADOS

Inicialmente, foi estabelecido que o critério de valor comparativo seria em quilogramas de dióxido de carbono equivalente (kgCO<sub>2</sub>-eq). Esse fator de carbono equivalente resume o potencial de aquecimento global associado às emissões de diferentes GEE, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxidos de nitrogênio (N<sub>2</sub>O). Isso permite uma comparação padronizada entre produtos, independentemente da complexidade das emissões envolvidas, além de ser o valor padrão adotado pelas DAPs.

Em seguida, foram determinadas quais informações e dados eram relevantes para a nossa análise. Inicialmente estabelecemos como informações básicas: (1) plataforma de onde foi retirada a DAP; (2-3) nome do produto e fabricante; (4) datas relativas a DAP, sendo só incorporadas na análise declarações com validade ativa; (5-6) país de fabricação do produto e qual o recorte geográfico que os dados representam; (7) se a DAP apresenta informação sobre a matriz energética do local onde o produto é produzido; (8) unidade em m<sup>3</sup>.

Depois, foram estipuladas as informações essenciais para análise: (9) densidade do produto, em kg/m<sup>3</sup>; (10) se o produto apresentava alguma composição química; (11) propriedade de desempenho; (12) base de dados para ACV; (13) método de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV); (14-17) fatores de carbono apresentados (potencial de aquecimento global).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Primeiro, é importante apontar que, com exceção de uma DAP publicada e produzida no Uruguai, as restantes estão localizadas no Norte Global, em países mais industrializados e desenvolvidos economicamente. A maior parte (n=14) das DAPs analisadas se encontram na Europa/Ásia. Uma parcela considerável (n=8) na América do Norte. Três estão na Oceania e apenas uma na América do Sul. Na Figura 3, demonstramos em um mapa mundi a distribuição dessas declarações.



Figura 3: Distribuição geográfica dos países de produção das DAPs analisadas no artigo.  
Fonte: os autores.

Este resultado pode ser caracterizado como um demonstrativo de que os esforços para a mitigação de emissão de GEE se concentram em países mais ricos e industrializados. Isto pode ser explicado em um primeiro momento por questões políticas e econômicas. A União Europeia possui uma série de planos de ação e políticas voltadas para o enfrentamento das mudanças climáticas. Mais recentemente, em 2020, a Comissão Europeia adotou um plano para padronizar produtos sustentáveis que circulam no bloco (Mrad e Ribeiro, 2022); governos de países da Escandinávia estão estabelecendo valores limites de emissão de GEE para construções produzidas em seus territórios para os próximos anos (Wiik, 2025); e o próprio desenvolvimento e maior padronização da EN 15804+A2 (CEN, 2019) são manifestações públicas de interesse na questão. A problemática econômica pode ser explicada pelo alto custo de produção de uma DAP, que torna inviável para pequenas empresas desenvolverem e manterem publicadas declarações referentes aos seus produtos.

#### 4.2. DIFERENÇAS METODOLÓGICAS

Das 26 DAPs analisadas, foi observada uma variação significativa entre os dados apresentados. Diante dessa disparidade, optou-se por organizar os resultados em categorias distintas, de modo a isolar valores que se mostraram discrepantes em relação ao conjunto analisado. A principal separação foi entre as metodologias de AICV por terem uma proposta de cálculo incompatíveis. Há uma distinção evidente na escolha da metodologia de AICV utilizada, a depender da localização geográfica da empresa e do país em que a DAP é produzida. Declarações dos EUA e Canadá (América do Norte) utilizam a metodologia TRACI 2,1, enquanto o resto do mundo utiliza a EN 15804+A2 (CEN, 2019).

A *Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts* (TRACI) foi desenvolvida pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) e produz dados mais simplificados para avaliar múltiplas categorias de impacto ambiental no contexto norte-americano. Por sua vez, a EN 15804, em sua última versão EN 15804+A2 (CEN, 2019), foi desenvolvida pelo Comitê Europeu de Normalização (CEN) com o objetivo de padronizar a estrutura das DAPs para a construção.

Um dos fatores que contribuem para a obtenção de um fator de carbono com balanço negativo em materiais de base biológica, como a madeira, é a consideração do carbono biogênico como um valor negativo. Esse parâmetro, decorrente da capacidade desses materiais de absorver dióxido de carbono pela fotossíntese durante a fase de crescimento das plantas, pode reduzir significativamente o total de emissões atribuídas ao produto — podendo, em muitos casos, resultar em um valor líquido negativo (Twentyman-*et al.*, 2025).

A metodologia TRACI não incorpora o carbono biogênico em seus cálculos de potencial de aquecimento global, o que leva à geração de resultados sistematicamente mais altos quando

comparados àqueles obtidos por meio da norma europeia EN 15804+A2 (CEN, 2019), que inclui esse fator em sua estrutura metodológica.

#### 4.3. AUSÊNCIA DE INFORMAÇÕES

Algumas informações se encontram ausentes em quase todas as DAPs analisadas. Foi considerado importante manter elas expostas, porque é possível identificar lacunas a serem preenchidas por essas publicações de declarações. Entre elas, a matriz energética é uma que se entende como fundamental. Onde o produto é predominantemente fabricado exerce influência direta sobre os cálculos relacionados à quantificação do carbono incorporado. Isso ocorre porque diferentes fontes de energia têm diferentes intensidades de emissão de GEE. Assim, um produto pode consumir mais energia ao longo de seu processo produtivo do que outro, mas ainda assim apresentar um fator de carbono incorporado menor se essa energia for majoritariamente proveniente de fontes renováveis, como hidrelétrica, solar ou eólica. Nesse sentido, a composição da matriz energética local é um fator determinante na avaliação do impacto ambiental associado ao uso de energia no ciclo de vida do produto. No caso do *wood frame*, esse fator pode influenciar bastante, especialmente quando as madeiras são secas em estufa.

Outras informações, como a base de dados ou a metodologia de AICV não estão claramente apresentadas em algumas DAPs. Isso dificulta o estabelecimento de critérios para comparação entre o impacto de cada produto e o entendimento do que foi relevante para determinar os fatores relacionados.

#### 4.4. ANÁLISE DOS FATORES DE CARBONO

A análise comparativa das DAPs se deu entre (1) metodologia EN 15804+A2 (CEN, 2019), e (2) metodologia TRACI 2.1. Sendo na primeira contabilizadas 18 DAPs (incorporadas as DAPs que não informaram a metodologia, mas que os dados apresentados são proporcionalmente similares aos da EN 15804); e na segunda metodologia, 8 DAPs.

O Potencial de Aquecimento Global Total (*Global Warming Potential - GWP* em inglês), identificado no texto como fator de carbono total incorpora a soma de três parcelas de fatores: (1) carbono fóssil; (2) biogênico e (3) uso da terra.

No caso do EN 15804+A2 (CEN, 2019), que apresenta os fatores de carbono fóssil, biogênico e de uso da terra de forma desagregada, foi possível destrinchar de forma mais eficaz o cálculo e entender melhor onde estão os pontos de contribuição para emissão de carbono na manufatura dos produtos analisados.

Quando apenas o fator de carbono fóssil é considerado, verificou-se uma variação de 26kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup> a 119kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>; a média das 18 DAPs foi de 59,3kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>. Quando apenas o fator de carbono biogênico é considerado, verificou-se uma variação de -952kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup> a -720kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>; a média das 18 DAPs foi de -790,9kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>. Em geral, o carbono fóssil e fator de carbono biogênico são os fatores de maior relevância para o resultado final do GWP de produtos de madeira.

Para simplificação da análise neste artigo, foi estabelecido, no entanto, apenas o fator de carbono total para a análise comparativa. Isso se deu principalmente por ele ser o único fator de carbono encontrado em todas as DAPs analisadas.

Conforme apresentado na Figura 4, os resultados das 18 DAPs que utilizaram a metodologia de AICV da EN 15804+A2 (CEN, 2019) obtiveram uma média simples de fator de carbono total de -774,2 kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>. Foi identificado apenas um *outlier*<sup>5</sup> que apresentou um fator de carbono total de -1460kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>. As outras 17 DAPs analisadas não ficaram fora dessa média simples do valor de fator de carbono total, sendo o menor fator encontrado de -848kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>, e o maior de -668kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>.

---

<sup>5</sup> *Outliers* são os valores considerados atípicos, ou seja, que ficaram fora dos quartis Q3 e Q1 (limites de valor superiores e inferiores, respectivamente).

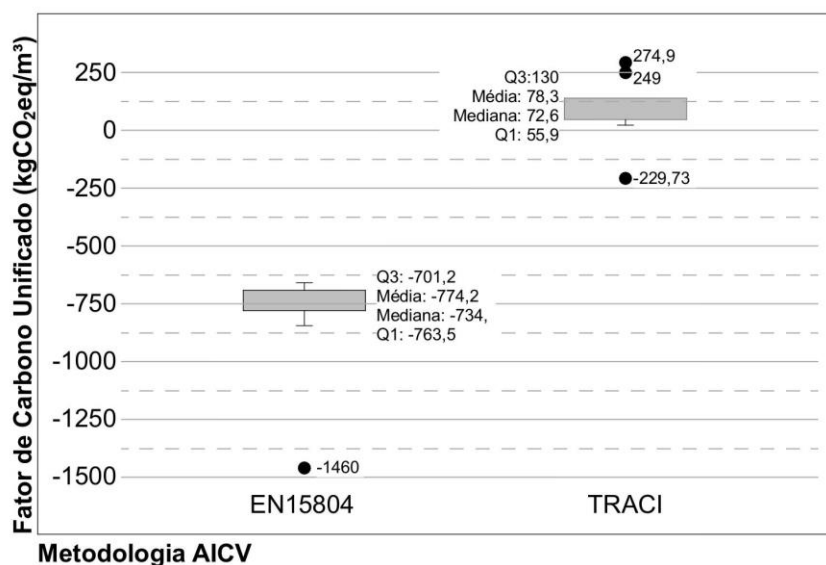


Figura 4: Gráfico *boxplot* dos fatores de carbono unificados das duas metodologias de AICV.  
Fonte: os autores.

Observou-se que as DAPs com os maiores valores de fator de carbono total unificado (posicionadas no terceiro quartil – Q3) não apresentavam uma causa única que justificasse esses resultados elevados. A depender do produto, o baixo carbono incorporado no uso da terra justifica; em outros casos pode ser o fator de carbono fóssil (em geral associado aos combustíveis fósseis utilizados em transporte). Essas variações são relativas ao contexto geográfico na qual a produção está inserida, porém a análise desse contexto está fora do escopo deste artigo.

O *outlier* da metodologia EN 15804+A2 (CEN, 2019) parece ser resultado de um erro de cálculo. O fator de carbono unificado total desse produto apresenta um resultado que não corresponde com a soma dos outros fatores de carbono considerados pela DAP. Isso pode ter ocorrido porque o GWP total declarado pode vir da soma de muitos outros subprocessos dentro dos módulos do ciclo de vida que não estão demonstrados, ou seja, os três valores vistos são parciais, mas o valor de -1460kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> é o total agregado após considerar todos os fluxos relevantes. No entanto, se o cálculo for refeito utilizando a forma padrão como as outras DAPs foram calculadas, esse produto apresenta um fator de carbono total de -667,18kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>, correspondendo um valor mais próximo da média das outras DAPs.

As 8 DAPs analisadas que utilizaram TRACI como metodologia de AICV (Figura 4) apresentam resultados bem mais destoantes entre si. A média simples de fator de carbono total entre as 8 é de 78,34kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>. No entanto, o produto com menor fator apresenta um resultado negativo de -279kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>, e o produto com maior fator apresenta um resultado positivo de 274,9 kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>.

Como já dito, a principal diferença entre a metodologia TRACI padrão é a não obrigatoriedade de adoção do fator de carbono biogênico, o que faz com que os resultados dos produtos de madeira não apresentem, de maneira geral, um GWP negativo, como foi visto nos que adotaram a metodologia EN 15804+A2 (CEN, 2019).

Os *outliers* neste caso são mais claros do que os analisados na outra metodologia. O produto que apresenta o *outlier* negativo de -279kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>, foge a regra e incorpora no seu cálculo o fator biogênico. Apesar disso, ele não apresenta o fator de uso de terra, o que torna a sua equação de certa forma incomparável com as de metodologia EN 15804+A2 (CEN, 2019).

Os dois *outliers* positivos, com valores de 274,9kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> e 249kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>, correspondem a produtos de madeira engenheirada. Entende-se que, como a madeira engenheirada utiliza resinas sintéticas em seu processo padrão de união de lamelas, esses materiais químicos - como resina fenólica e melamínica - contribuem significativamente para que o fator de carbono incorporado seja

superior ao da madeira maciça convencional. A produção dessas resinas envolve processos industriais intensivos em emissões de CO<sub>2</sub>, o que aumenta significativamente o GWP desses produtos.

## 5. CONCLUSÕES

O presente estudo buscou realizar uma análise crítica de 26 DAPs relacionadas ao sistema construtivo em *wood frame* com foco em emissões de GEE. Entre os principais pontos observados, pode-se destacar que a divergência metodológica de AICV cria um obstáculo relevante à comparabilidade internacional entre DAPs, dificultando a avaliação equitativa entre produtos analisados sob diferentes abordagens regionais e, conseqüentemente, impactando a tomada de decisão em projetos com escopo global. A análise de 18 produtos cujas DAPs seguiram a metodologia de AICV conforme a EN 15804+A2 (CEN, 2019) indicou uma média de fator de carbono unificado de -774,17 kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>. Em contraste, as DAPs baseadas na metodologia TRACI apresentaram um valor médio significativamente superior, de 78,34 kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>. Essa diferença expressiva deve-se, em grande parte, à exclusão do fator de carbono biogênico no cálculo final adotado pela metodologia TRACI.

Isso demonstra que a ausência de informações pode interferir nos valores finais de potencial de aquecimento global e impossibilitar o entendimento do *hotspot* no ciclo de vida do produto. Isso pode causar por um lado insegurança nos resultados apresentados pela DAP, ou, como no caso da ausência de dados sobre carbono biogênico, um critério para incomparabilidade entre produtos.

A análise de recorte geográfico do resultado da busca de DAPs realizada pelo artigo reflete como os esforços para mitigar o impacto ambiental causado pela construção civil têm se concentrado em países desenvolvidos com políticas públicas que incentivam práticas mais sustentáveis. Não foram encontradas DAPs brasileiras de produtos de madeira relacionadas ao sistema de *wood frame* nesta pesquisa. Apenas uma se localiza na América do Sul. A pouca quantidade de DAPs localizadas no Sul Global pode ter como causa os motivos apresentados anteriormente, como ausência de políticas públicas necessárias para fomentar a produção desse tipo de informação. No entanto, ao ficar defasado em relação ao mercado do Norte Global, o Sul Global possui maior dificuldade de desenvolver um cenário construtivo com menor impacto ambiental. Isso pode resultar em baixa competitividade das indústrias nacionais no mercado internacional, especialmente à medida que a emergência climática se consolida como um fator determinante nas decisões de projeto, especificação e compra no setor AECO.

Para trabalhos futuros, sugere-se a análise das DAPs envolvendo todo o ciclo de vida dos materiais, abordando outras etapas além das A1-A3, podendo observar se o maior impacto está na emissão incorporada ou operacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, C. E.; RASMUSSEN, F. N.; HABERT, G.; Embodied GHG Emissions of Wooden Buildings—Challenges of Biogenic Carbon Accounting in Current LCA Methods. **Frontiers in Building Environment**, V.7, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.729096>

ANDERSON, J.; MONCASTER, A. Embodied carbon of concrete in buildings, Part 1: analysis of published EPD. **Buildings and Cities**, 1(1), pp. 198–217, jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.5334/bc.59>

ANDERSON, J. Construction LCA's 2024 Guide to Environmental Product Declarations (EPD). Disponível em: <https://www.eco-platform.org/epd-facts-figures.html>. Acesso em: 06 abr. 2025

ARAGÓN BASABE, A.; GARCÍA ALBERTI, M. Limitations of machine-interpretability of digital EPDs used for a BIM-based sustainability assessment of construction assets. **Journal of Building Engineering**, [S.l.], v. 96, p. 110-418, nov. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.110418>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14025**: Rotulagem ambiental — Declarações ambientais tipo III — Princípios e procedimentos. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14040**: Gestão ambiental — Avaliação do ciclo de vida — Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2006.

BERGMAN, R.; PUETTMAN M.; TAYLOR A.; SKOGL, K.E. The Carbon Impacts of Wood Products. In: **Forest Products Journal**, USA, v.64, n.7, p.320-332. 2014. DOI: <https://doi.org/10.13073/FPJ-D-14-00047>

CEN, COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **EN 15804+A2**: Sustainability of Construction Works—Environmental Product Declarations—Core Rules for the Product Category of Construction Products. British Standards Institution: Londres, Reino Unido, 2019.

FISCHER, A. C.; LEITE, R. P.; MARIN, A. S.; TAVARES, S. F. Declarações Ambientais de Produto e Materiais de Madeira - Uma revisão. In: III Encuentro Latinoamericano y Europeo sobre Edificaciones y Comunidades Sostenibles - EURO ELECS, 2019, Santa Fé. **Libro de Resúmenes EURO ELECS 2019**, 2019. p. 120-120.

HANSEN, R.N.; ELAISSEN J.L.; SCHMIDT, J.; ANDERSEN, C.E., WEIDEMA, B. P.; BIRGISDÓTTIR, H., HOXHA, E. Environmental consequences of shifting to timber construction: The case of Denmark. **Sustainable Production and Consumption**, Volume 46, pp. 54-67, mai. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.02.014>

HARNISCH, M. R.; PUNHAGUI, K. R. G. Emissão de carbono de aplacados de madeira na construção: uma meta-análise. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 20., 2024, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2024.

HOXHA, E; BIRGISDOTTIR, H.; RÖCK, M. Climate IMPACT of EU building materials: Data compilation and statistical analysis of global warming potential in environmental product declarations. **Sustainable Production and Consumption**, [S.l.], v. 54, p. 64–74, mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.12.015>.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2023: Synthesis Report. Summary for Policymakers. Geneva: **IPCC**, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 18 maio 2025.

MRAD, C., RIBEIRO, L. F. A review of Europe's circular economy in the building sector. **Sustainability**, v. 14, Out. 2022, 14211. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su142114211>

PETROVIĆ B.; ERIKSSON O.; ZHANG X.; WALLHAGEN M.. Carbon Assessment of a Wooden Single-Family Building - Focusing on Re-Used Building Products. **Buildings** 2024, 14(3), mar. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings14030800>

TIMM, J. F. G.; PASSUELLO, A. C. B. Potencial de uso de declaração ambiental de produto para auxiliar em compras públicas verdes na construção civil. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 21, n. 2, p. 263-276, abr./jun. 2021. ISSN 1678-8621 **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000200525>

TUPENAITE, L.; KANAPECKIENE, L.; NAIMAVICIENE, J.; KAKLAUSKAS, A.; GECYS, T. Timber Construction as a Solution to Climate Change: A Systematic Literature Review. **Buildings** 2023, 13, 976. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13040976>

TWENTYMAN, K.; ASTLE, P.; DOWDALL, A. Biogenic carbon in timber buildings – how should it be considered? **Ramboll**, 12 maio 2025. Disponível em: <https://www.ramboll.com/insights/decarbonise-for-net-zero/biogenic-carbon-in-timber-buildings-how-should-it-be-considered>. Acesso em: 14 maio 2025.

SOTSEK, N. C.; SANTOS, A. de P. L. Panorama do sistema construtivo light wood frame no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 309-326, jul./set. 2018. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi: **UNEP**, 2022. Disponível em: <https://globalabc.org/resources/publications/2022-global-status-report-buildings-and-construction>. Acesso em: 18 maio 2025.

WIJK, M. K. Developing whole-life carbon benchmark values for Norwegian buildings. **Building Research & Information**, v. 53, n. 3, p. 345–358, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09613218.2024.2445843>. Acesso em: 14 maio 2025.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem às agências brasileiras de fomento à pesquisa CAPES, CNPq e FAPERJ pelo suporte financeiro e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) [Código de Financiamento 001].