

INFLUÊNCIA DA REGIONALIZAÇÃO DE DAPS NA ANÁLISE DE CARBONO INCORPORADO EM CONTEXTO BIM

Thiago Melo ⁽¹⁾, José Gomes ⁽¹⁾, Juliana Scanoni ⁽¹⁾, Sofia Henriques ⁽²⁾

(1) TPF Engenharia, Recife

(2) TPF Consultores, Lisboa, ID ORCID 0009-0000-5941-50141

Resumo

A quantificação do carbono incorporado em projetos de engenharia tem-se consolidado como instrumento essencial para decisões orientadas à sustentabilidade, sendo fortemente influenciada pela origem e representatividade dos dados ambientais utilizados. Este estudo analisa as diferenças nas estimativas de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) obtidas por meio de modelos BIM a partir da aplicação de um mesmo projeto em dois contextos distintos: Brasil e Portugal. Os resultados evidenciam que variações regionais impactam significativamente as emissões associadas às edificações estudadas. Observa-se ainda que a contribuição dos elementos construtivos não é homogênea, permitindo direcionar os requisitos de informação do modelo BIM aos componentes mais sensíveis. Conclui-se que análises comparativas internacionais de carbono incorporado são fortemente condicionadas à regionalização dos dados e à consideração das práticas construtivas locais, sendo a qualidade e a coerência dos inventários determinantes para a confiabilidade das estimativas e para comparações consistentes entre diferentes contextos territoriais.

1. Introdução

O setor de Engenharia, Arquitetura e Construção (AEC) exerce papel significativo nas emissões globais de Gases de Efeito Estufa (GEE), com destaque crescente para o carbono incorporado à medida que estratégias de eficiência energética e sustentabilidade reduzem as emissões operacionais.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) tem sido utilizada como suporte à tomada de decisão em projetos, permitindo comparar alternativas de materiais e sistemas construtivos. A integração da ACV à metodologia *Building Information Modeling* (BIM) amplia sua aplicação desde as fases iniciais de projeto, por meio da automatização da extração de quantitativos e do cruzamento com bases de dados ambientais. No entanto, a confiabilidade das estimativas depende da adequação e regionalização dos dados utilizados.

Este trabalho compara a quantificação do carbono incorporado de um mesmo projeto nos contextos brasileiro e português, identificando os sistemas construtivos mais sensíveis às premissas regionais e suas implicações para os requisitos de informação em modelos BIM.

2. Fundamentação Teórica

A ACV é uma metodologia consolidada para quantificar impactos ambientais de produtos e edificações, estruturada pelas normas ISO 14040 [1] e ISO 14044 [2], e pelas suas correspondentes brasileiras e portuguesas. Na construção civil, a EN 15804 [3], relacionada com as Declarações Ambientais de Produto (DAPs) – do inglês Environmental Product Declarations (EPDs), e a EN 15978 [4] fornecem a estrutura modular para a definição das fronteiras da análise. Contudo, a padronização metodológica não elimina a dependência dos resultados relativamente à granularidade, representatividade e adequação dos dados ao contexto analisado, aspeto também aplicável às DAPs, regulamentadas pela ISO 14025 [5].

A representatividade territorial das DAPs é particularmente relevante em análises de carbono incorporado, uma vez que os impactos ambientais declarados dependem das condições locais de produção, da matriz energética, das tecnologias industriais, da disponibilidade de matérias-primas, da logística de transporte, das unidades declaradas, dos módulos da ACV e das fronteiras do sistema. Assim, embora as DAPs possam cumprir os requisitos normativos aplicáveis, a sua adequação ao contexto específico da obra depende da proximidade entre os pressupostos considerados na declaração e as condições reais do caso analisado, pelo que o uso de DAPs genéricas ou provenientes de mercados distintos pode introduzir distorções nos resultados, especialmente em comparações internacionais (Construction Products Association, 2024 [6]).

A integração da ACV ao ambiente BIM permite incorporar e monitorar critérios ambientais ao longo do projeto. A confiabilidade dessas análises depende da consistência geométrica dos modelos e da qualidade das informações associadas aos elementos. Nesse contexto, o conceito de *Level of Information Need*, enquadrado pela série ISO 19650 [7] [8] e normalizado pela ISO 7817-1 [9], permite equilibrar o esforço de modelagem e a relevância analítica, considerando que os elementos contribuem de forma distinta para o carbono incorporado.

Como os elementos de um modelo BIM não contribuem de forma equivalente para o impacto ambiental total, torna-se necessário adotar estratégias de priorização que relacionem o nível de detalhe da informação com a relevância ambiental de cada componente. A Curva ABC, baseada no princípio de Pareto, é útil em análises de carbono incorporado por permitir identificar os elementos construtivos que mais condicionam o resultado global, distinguindo-os daqueles com contributo residual. Esta abordagem permite concentrar maior rigor metodológico, melhor qualidade de informação BIM e maior atenção à seleção das DAPs nos componentes com maior peso ambiental, evitando um esforço analítico uniforme sobre elementos com influência muito distinta no resultado final.

3. Metodologia

A metodologia foi estruturada para quantificar e comparar o carbono incorporado de uma edificação nos contextos brasileiro e português, mantendo constantes as características geométricas e funcionais do edifício e variando as premissas regionais e as bases de dados ambientais. Foi desenvolvido um modelo BIM do edifício, com padronização das famílias e categorização dos elementos construtivos, possibilitando a extração consistente de quantitativos. Esses quantitativos foram associados a composições unitárias de sistemas referenciais de preços e fatores de emissão obtidos em bases de dados ambientais

representativas de cada contexto territorial, assegurando transparência e rastreabilidade na quantificação dos insumos. Os sistemas construtivos foram então hierarquizados comparativamente por contribuição para o carbono incorporado por meio da Curva ABC. Os resultados de carbono incorporado são expressos em quilogramas de dióxido de carbono equivalente ($\text{kg CO}_2\text{e}$), unidade que representa numa métrica comum o impacto climático associado aos diferentes gases com efeito de estufa considerados na ACV. Quando necessário, as unidades das DAPs foram convertidas para compatibilidade com os quantitativos BIM, sendo os resultados expressos em $\text{kg CO}_2\text{e}$.

3.1 Caracterização do projeto de estudo e cenários

O estudo de caso corresponde a um edifício público térreo com uma área de 283 m^2 , originalmente concebido para São Paulo, Brasil, conforme ilustrado na Figura 1. O edifício apresenta uma estrutura em concreto armado, paredes em alvenaria sem isolamento térmico, revestimentos em pintura acrílica e cerâmica, pavimentos interiores cerâmicos e exteriores em blocos de concreto intertravados (tipo *pavê*), cobertura em telhado com telhas de fibrocimento e estrutura em trama de madeira, forros em policloreto de vinila (PVC), janelas em alumínio e vidro e portas de madeira.

Foram definidos dois cenários:

- cenário equivalente – mantêm-se as soluções originais em ambos os contextos, variando apenas os fatores de emissão conforme o contexto;
- cenário realista – as soluções construtivas são adaptadas ao contexto português, incorporando práticas locais como alvenaria dupla com isolamento térmico em lã de rocha, cobertura com revestimento em telha e isolamento, e janelas com vidro duplo.

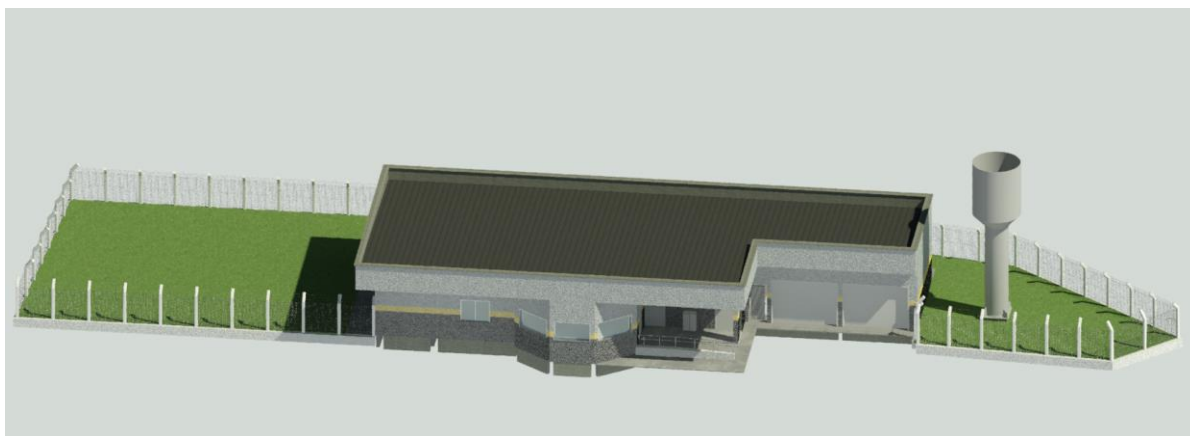


Figura 1: Modelo digital da Edificação.

3.2 Modelagem BIM e Extração de Quantitativos

A modelagem foi desenvolvida no Autodesk Revit (2024), com extração de quantitativos no Autodesk Navisworks a partir de arquivo NWD. Os quantitativos por material foram vinculados, em planilhas Excel, às composições unitárias dos sistemas referenciais de cada país. Com apoio do Power BI, foram realizadas simulações para identificar soluções de menor impacto, posteriormente incorporadas ao modelo BIM, conforme sintetizado na Figura 2.

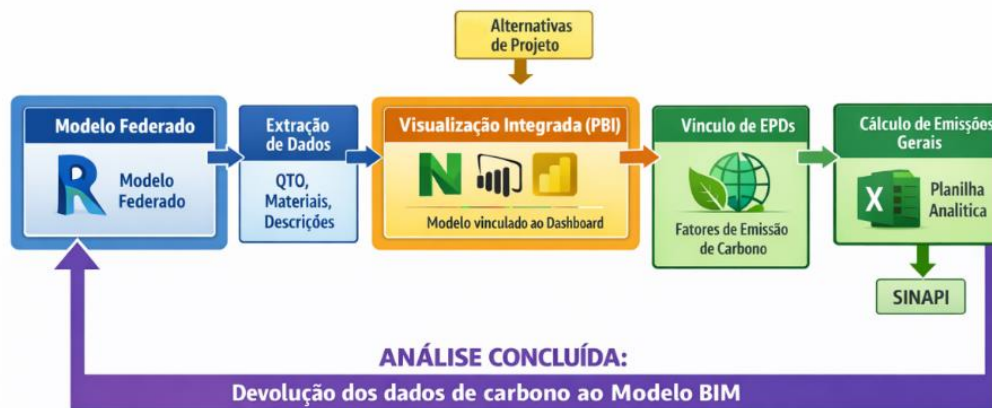


Figura 2: Diagrama do Fluxo da Análise.

3.3 Escopo da análise de carbono incorporado

A análise considerou os módulos A1 a A5 da ACV, correspondentes à fase pré-operacional da edificação. Os módulos A1-A3 foram quantificados a partir de DAPs e bases de dados ambientais por insumo. O módulo A4 foi estimado com base em premissas regionais de transporte, adotando distância média de 30 km entre a obra e o centro de abastecimento e coeficiente de emissão de 0,0354 kg CO₂e/t.km, conforme Kozloski (2020) [10]. O módulo A5 foi estimado a partir das emissões associadas à execução e instalação dos serviços em obra, considerando os consumos de energia elétrica e combustíveis presentes nas composições unitárias de cada país. Esses consumos foram convertidos em emissões por meio dos respectivos fatores de emissão e multiplicados pelos quantitativos extraídos do modelo BIM. O escopo da análise não contemplou os elementos estruturais em concreto armado, uma vez que essas soluções tendem a ser definidas nas fases iniciais do projeto e apresentam menor variação ao longo do desenvolvimento. Embora sua contribuição para o carbono incorporado seja relevante, sua avaliação é mais adequada a estudos específicos de concepção estrutural, sendo tratada como uma exclusão do escopo.

3.4 Bases de dados e DAPs utilizadas

No contexto brasileiro, adotou-se o SINAPI (referência Dez/2025-SP) como base de composições unitárias, reinterpretado como inventário processual por explicitar consumos de materiais, mão de obra, equipamentos, recursos auxiliares, energia elétrica e combustíveis por serviço. Os fatores de emissão foram obtidos prioritariamente de DAPs com representatividade nacional e do SIDAC [13], que fornece indicadores ambientais baseados em dados nacionais verificados. No contexto português, utilizou-se o Gerador de Preços da CYPE [14] como referência para composições compatíveis com práticas locais, enquanto os fatores de emissão foram obtidos por meio de DAPs da DAPHabitat [11] e, complementarmente, da plataforma EC3 [12], com dados representativos do contexto europeu.

A seleção das DAPs seguiu uma hierarquia de representatividade, priorizando: i) DAPs específicas do produto/fabricante; ii) DAPs do país de aplicação; iii) DAPs regionais compatíveis, como Brasil, Portugal, sul da Europa ou Europa; e iv) DAPs genéricas equivalentes, apenas na ausência de dados específicos. Os critérios mínimos considerados foram compatibilidade com os quantitativos BIM, cobertura dos módulos A1-A3,

conformidade com EN 15804 e/ou ISO 14025, validade temporal, proximidade tecnológica e representatividade geográfica.

Aproximadamente 87% dos insumos do modelo foram contabilizados, sendo os demais tratados como exclusões do escopo por contribuição marginal. No Brasil, 70% dos insumos possuem dados nacionais, chegando a 90% entre os itens mais relevantes pela Curva ABC. Em Portugal, 61% estão associados a DAPs portuguesas ou do sul da Europa, e o restante a dados europeus. A incerteza foi classificada qualitativamente como baixa para DAPs específicas/nacionais, média para DAPs regionais/europeias e elevada para dados genéricos ou por analogia.

3.5 Procedimentos de comparação

O carbono incorporado foi inicialmente quantificado no contexto brasileiro e os insumos de maior relevância foram identificados pela Curva ABC. No cenário equivalente, esses insumos foram reavaliados com dados portugueses, mantendo-se constantes os quantitativos físicos, de modo que as diferenças observadas fossem atribuídas às premissas regionais, inventários ambientais, cadeias produtivas e premissas logísticas.

No cenário realista, as soluções construtivas foram adaptadas às práticas portuguesas, permitindo distinguir o efeito das decisões de projeto em relação à influência exclusiva dos fatores regionais de emissão. A concentração nos elementos de maior impacto também permitiu indicar quais componentes BIM exigem maior nível de informação, como a associação a DAPs específicas e regionalizadas, orientando os requisitos de informação nos *Exchange Information Requirements* (EIR), conforme o *Level of Information Need*.

4. Resultados

Na avaliação do carbono incorporado no cenário equivalente, as emissões totais foram de 34.738,54 kg CO₂e no Brasil e 31.808,04 kg CO₂e em Portugal, resultando em valores aproximadamente 9,2% superiores no caso brasileiro (Tabela 1). A decomposição por macro-sistemas construtivos apresentou padrões semelhantes entre os países, com predominância do sistema de Revestimentos (cerca de 45% do total), seguido por Alvenaria, Pavimentos e Telhados e Forros, enquanto Portas e Janelas tiveram contribuição residual.

No cenário realista, as adaptações aos sistemas construtivos elevaram as emissões em Portugal para 36.373,59 kg CO₂e (Tabela 2), superando o valor brasileiro de 34.738,54 kg CO₂e, o que representa um incremento de aproximadamente 4,7%. A análise por sistemas construtivos evidencia, no caso português, o aumento significativo da Alvenaria para 30,68%, a seguir aos Revestimentos (39,81%), enquanto Telhados e Forros baixaram a sua participação relativa às emissões totais.

Tendo em vista os cenários analisados, foi realizada uma comparação direta entre as emissões estimadas para Portugal e para o Brasil, considerando a diferença calculada como Emissão Portugal – Emissão Brasil, conforme apresentado na Tabela 3.

No cenário equivalente, Portugal apresentou emissões 2.930,50 kg CO₂e inferiores ao Brasil, uma redução de 8,44%. Já no cenário realista, a adaptação das soluções construtivas ao contexto português elevou as emissões em 1.635,05 kg CO₂e, representando aumento de 4,71% em relação ao cenário brasileiro. Isso demonstra que a regionalização dos dados ambientais e as decisões de projeto influenciam tanto o total de emissões quanto a hierarquia dos principais sistemas emissores.

Tabela 1 – Resumo das emissões – Cenário equivalente

Descrição	Emissão Brasil		Emissão Portugal	
	kg CO₂e	%	kg CO₂e	%
Alvenaria	6.391,61	18,40	5.391,33	16,95
Revestimentos Paredes	15.309,62	44,07	14.481,07	45,53
Pavimentos	6.367,23	18,33	6.517,67	20,49
Telhados e Forros	6.579,88	18,94	5.350,32	16,82
Portas e Janelas	90,20	0,26	67,65	0,21
Total	34.738,54	100,00	31.808,04	100,00

Tabela 2 – Resumo das emissões – Cenário realista

Descrição	Emissão Brasil		Emissão Portugal	
	kg CO₂e	%	kg CO₂e	%
Alvenaria	6.391,61	18,40	11.158,22	30,68
Revestimentos Paredes	15.309,62	44,07	14.481,07	39,81
Pavimentos	6.367,23	18,33	6.517,67	17,92
Telhados e Forros	6.579,88	18,94	4.146,96	11,40
Portas e Janelas	90,20	0,26	69,67	0,19
Total	34.738,54	100,00	36.373,59	100,00

Tabela 3 – Comparação direta das emissões de GEE entre Portugal e Brasil por sistema construtivo, considerando a diferença calculada como Emissão Portugal – Emissão Brasil nos cenários equivalente e realista.

Sistema construtivo	Diferença equivalente	Variação equivalente	Diferença realista	Variação realista
Descrição	kg CO₂e	%	kg CO₂e	%
Alvenaria	-1.000,28	-15,65%	+4.766,61	+74,58%
Revestimentos Paredes	-828,55	-5,41%	-828,55	-5,41%
Pavimentos	+150,44	+2,36%	+150,44	+2,36%
Telhados e Forros	-1.229,56	-18,69%	-2.432,92	-36,98%
Portas e Janelas	-22,55	-25,00%	-20,53	-22,76%
Total	-2.930,50	-8,44%	+1.635,05	+4,71%

As maiores variações ocorreram na alvenaria, especialmente no cenário realista português, com a adoção de parede dupla com isolamento térmico. Revestimentos e pavimentos mantiveram composições equivalentes, apresentando diferenças associadas principalmente à regionalização

dos fatores de emissão. Nas coberturas, a adoção de soluções com melhor desempenho térmico no cenário realista resultou na redução das emissões tendo em conta a mudança do tipo de telha e isolamento, indicando que tais adaptações não implicam necessariamente maior carbono incorporado. As janelas apresentaram variações moderadas, coerentes com a adoção de vidro duplo.

A análise das emissões unitárias por m² (ver Tabela 4) e totais (ver Tabela 5) evidencia a sensibilidade dos resultados à regionalização dos dados e às alterações nas soluções construtivas. Para interpretar esta variação, aplicou-se a Curva ABC, que classificou os elementos segundo a sua contribuição para o carbono incorporado total – Classe A, de maior contribuição a Classe C, de menor contribuição –, evidenciando a reorganização da hierarquia dos emissores entre os cenários analisados (ver Tabela 5).

Tabela 4 – Resumo dos sistemas construtivos com o comparativo das emissões por m²

Cenário equivalente			Emissão kg CO ₂ e / m ²		Cenário realista		Emissão kg CO ₂ e / m ²	
Descrição			BR	PT	Descrição			PT
1. Alvenaria bloco de concreto – esp.=20cm			18,67	12,69	11. Alvenaria dupla bloco cerâmico com isol. lã de rocha - esp.=20cm			36,94
2. Alvenaria bloco cerâmico - esp.=15cm			9,30	11,31	2. Alvenaria bloco cerâmico - esp.=15cm			11,31
3. Revestimento - pintura acrílica externa			24,35	21,27	3. Revestimento - pintura acrílica externa			21,27
4. Revestimento - pintura acrílica texturizada			17,23	18,33	4. Revestimento - pintura acrílica texturizada			18,33
5. Pavimento tipo <i>pavê</i> com 6cm de esp.			17,44	13,71	5. Pavimento tipo <i>pavê</i> com 6cm de esp.			13,71
6. Pav. cerâmico com betonilha com 3cm de esp.			25,19	29,53	6. Pav. cerâmico com betonilha com 3cm de esp.			29,53
7. Telhado em telhas fibrocimento e estrutura em trama de madeira			17,54	16,37	12. Telhado em telha tipo portuguesa com estrutura em madeira e isol. em lã mineral			11,99
8. Forro de pvc			6,69	3,24	8. Forro de pvc			3,24
9. Janela de alumínio com vidro simples 4mm			4,04	3,34	13. Janela de alumínio com vidro duplo			3,50
10. Porta de madeira, 80x210cm com 3,5cm de esp.			2,03	1,32	10. Porta de madeira, 80x210cm com 3,5cm de esp.			1,32

A aplicação da Curva ABC permitiu classificar os elementos construtivos de acordo com a sua contribuição relativa para as emissões totais de carbono incorporado, agrupando-os em Classe

A, de maior contribuição; Classe B, de contribuição intermediária; e Classe C, de menor contribuição, direcionando maior rigor metodológico e nível de informação BIM aos componentes mais relevantes.

No cenário equivalente, o pavimento cerâmico com betonilha apresentou maior emissão em Portugal, passando de 3.916,04 kg CO₂e (classe B) no Brasil para 4.590,73 kg CO₂e (classe A), enquanto a alvenaria em bloco de concreto teve maior intensidade carbônica no Brasil, reduzindo sua relevância na Curva ABC portuguesa. Os revestimentos mantiveram-se como principais emissores em ambos os países.

No cenário realista, a adoção de parede dupla com isolamento térmico em Portugal elevou a alvenaria à posição de principal emissor (8.784,70 kg CO₂e, classe A), enquanto a substituição da cobertura reduziu suas emissões para 3.294,13 kg CO₂e, reclassificando-a de classe A para B. Esses resultados evidenciam que tanto os fatores regionais quanto as decisões de projeto influenciam a hierarquia das emissões, reforçando a importância de inventários regionalizados e transparência metodológica.

Tabela 5 – Resumo da Curva ABC comparativa da emissão total por sistema construtivo

Cenário equivalente						Cenário realista		
Brasil			Portugal			Portugal		
Descrição resumida	Emissão total kg CO ₂ e	Curva	Descrição resumida	Emissão total kg CO ₂ e	Curva	Descrição resumida	Emissão total kg CO ₂ e	Curva
3. Revest. pintura ext.	9.488,46	A	3. Revest. pintura ext.	8.288,28	A	11. Alvenaria dupla	8.784,70	A
4. Revest. pintura text.	5.821,16	A	4. Revest. pintura text.	6.192,79	A	3. Revest. pintura ext.	8.288,28	A
7. Telhado fibrocimento	4.818,94	A	6. Pavimento cerâmico	4.590,73	A	4. Revest. pintura text.	6.192,79	A
1. Alvenaria b. concreto	4.439,91	A	7. Telhado fibrocimento	4.497,49	A	6. Pavimento cerâmico	4.590,73	A
6. Pavimento cerâmico	3.916,04	B	1. Alvenaria b. concreto	3.017,81	B	12. Telhado com isolam.	3.294,13	B
5. Pavimento tipo <i>pavê</i>	2.451,19	B	2. Alvenaria b. cerâmico	2.373,52	C	2. Alvenaria b. cerâmico	2.373,52	C
2. Alvenaria b. cerâmico	1.951,70	C	5. Pavimento tipo <i>pavê</i>	1.926,94	C	5. Pavimento tipo <i>pavê</i>	1.926,94	C
8. Forro de pvc	1.760,94	C	8. Forro de pvc	852,83	C	8. Forro de pvc	852,83	C
9. Janela com vidro simples	50,98	C	9. Janela com vidro simples	42,15	C	13. Janela com vidro duplo	44,17	C
10. Porta de madeira	39,22	C	10. Porta de madeira	25,50	C	10. Porta de madeira	25,50	C

5. Implicações para os Requisitos de Informação BIM

Os resultados mostram que a sensibilidade ao carbono incorporado não é uniforme entre sistemas construtivos, dependendo das soluções adotadas e dos dados de inventário utilizados. Esta heterogeneidade tem implicação direta na definição dos requisitos de informação BIM, pois nem todos os elementos justificam o mesmo nível de exigência ambiental.

Como os EIR (*Exchange Information Requirements*) são definidos antes do início do projeto e da consolidação das soluções construtivas, os requisitos relativos ao impacto ambiental e ao carbono incorporado devem ser progressivos e flexíveis. Ao longo do projeto, a Curva ABC pode ser aplicada para identificar os elementos críticos e ajustar o nível de informação exigido, concentrando o esforço de modelagem e a exigência de DAPs regionalizadas nos componentes de maior impacto.

Esta lógica pode ser vertida no BEP (*BIM Execution Plan*) e em IDS (*Information Delivery Specification*), transformando análises preliminares de carbono incorporado em requisitos por sistema construtivo. Estes podem incluir referência da DAP, unidade declarada, módulo da ACV, fator de emissão, origem geográfica, validade da declaração e correspondência com o produto modelado. Em IDS, tais requisitos podem ser formalizados como regras verificáveis, permitindo confirmar se os elementos mais relevantes, nomeadamente os classificados como Classe A, possuem os atributos necessários para análises consistentes.

Estudos comparativos como o aqui apresentado podem apoiar a definição de requisitos de base por tipologia construtiva e contexto regional, estabelecendo um patamar mínimo de exigência ambiental para sistemas consistentemente relevantes, mesmo antes da definição final das soluções específicas.

6. Considerações Finais

O presente estudo comparou as emissões de carbono incorporado de uma edificação nos contextos brasileiro e português, em dois cenários complementares – equivalente e realista – abrangendo os módulos A1 a A5 do ciclo de vida. Os resultados mostram que a regionalização dos dados e as decisões de projeto influenciam não apenas as emissões totais, mas também a hierarquia dos principais sistemas emissores, especialmente com a adoção de soluções construtivas locais.

Como limitações, destacam-se a exclusão dos elementos estruturais em concreto armado e a disponibilidade desigual de dados regionais, que exigiu o uso de bases europeias no contexto português. Assim, os resultados são válidos para o estudo de caso analisado, sendo necessária a recalibração das premissas para aplicação a outros contextos.

Torna-se, assim, necessário consolidar bases de dados nacionais de ACV, desenvolver metodologias harmonizadas e utilizar métodos de priorização, como a Curva ABC, para traduzir os resultados em requisitos ambientais verificáveis nos processos BIM, através de EIR, BEP e IDS. Esta abordagem permite que as análises de carbono incorporado sejam utilizadas de forma mais robusta na tomada de decisão no setor da construção.

Declaração de utilização de inteligência artificial generativa

Na preparação deste trabalho, os autores recorreram a ferramentas de inteligência artificial generativa – ChatGPT 5.2 (OpenAI) e Claude Sonnet 4.5 (Anthropic) – como apoio ao processo

editorial, nomeadamente na revisão e reformulação de texto, deteção de redundâncias, verificação de consistência entre secções e reestruturação da organização do manuscrito. A utilização destas ferramentas foi integralmente supervisionada pelos autores, sendo da sua exclusiva responsabilidade o conteúdo científico, técnico e interpretativo da publicação.

Referências

- [1] ISO TC207/SC5, "ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework", International Organization for Standardization (ISO), 2006.
- [2] ISO TC207/SC5, "ISO 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines", International Organization for Standardization (ISO), 2006.
- [3] CEN, "EN 15804:2012+A2:2019 Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products", European Committee for Standardization (CEN), 2019.
- [4] CEN, "EN 15978:2011 Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method", European Committee for Standardization (CEN), 2011.
- [5] ISO TC207/SC3, "ISO 14025:2006 Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures", International Organization for Standardization (ISO), 2006.
- [6] CONSTRUCTION PRODUCTS ASSOCIATION. Environmental Product Declarations (EPD): Comparability — A Technical Review. Londres: Construction Products Association, 2024. (Briefing Paper, v1 – August 2024). Autores: Chris Foster; Jane Anderson
- [7] ISO TC59/SC13, "ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles", International Organization for Standardization (ISO), 2018.
- [8] ISO TC59/SC13, "ISO 19650-2:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 2: Delivery phase of the assets", International Organization for Standardization (ISO), 2018.
- [9] ISO TC59/SC13, "ISO 7817-1:2024 Building information modelling – Level of information need – Part 1: Concepts and principles", International Organization for Standardization (ISO), 2024.
- [10] KOZLOSKI, C.L. Emissão de CO₂ de materiais de construção civil no Brasil: Estimativas na etapa projetual de edificações. 2020. 273 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2020.
- [11] DAPHABITAT. Sistema DAPHabitat – Declarações Ambientais de Produto. Disponível em: https://daphabitat.pt/pt_PT/daphabitat/o-sistema/
- [12] BUILDING TRANSPARENCY. EC3 – Embodied Carbon in Construction Calculator. Disponível em: <https://www.buildingtransparency.org/tools/ec3/>.
- [13] SIDAC. Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção. Disponível em: <https://sidac.org.br>.
- [14] CYPE. Gerador de Preços para construção civil – Portugal. Disponível em: <https://www.geradordeprecos.info>.