XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Avaliação de emissões de carbono e consumo energético da envoltória de um edifício nZEB no contexto de climas quentes

Evaluación de las emisiones de carbono y el consumo energético de la envolvente de un edificio nZEB en el contexto de climas cálidos

Assessment of carbon emissions and energy consumption of the envelope of an nZEB building in the context of hot climates

Eficiência Energética / *Eficiencia Energética / Energy Efficiency*

FERREIRA, Lucas Júnior, Mestrando, Universidade de Brasília – UnB, Brasília – DF, Brasil, junior.lucas@aluno.unb.br

CUNHA, Fabíola Ramos da, Mestranda, Universidade de Brasília – UnB, Brasília – DF, Brasil, faah.rcunha@gmail.com

AMORIM, Cláudia Naves David, Doutora e professora, Universidade de Brasília – UnB, Brasília – DF, Brasil, clamorim@unb.br

CRONEMBERGER, Joára, Doutora e professora, Universidade de Brasília – UnB, Brasília – DF, Brasil, joaracronemberger@unb.br

CALDAS, Lucas Rosse, Doutor e professor, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, lucas.caldas@fau.ufrj.br

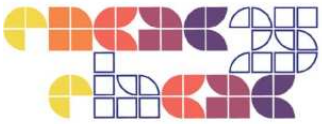
Resumo

Esse trabalho examina a emissão de carbono (referente aos gases de efeito estufa - GEE) no ciclo de vida da envoltória de uma edificação de balanço energético nulo (*nZEB*) inserida em clima quente. Aplicou-se como método uma ferramenta de cálculo simplificada para Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) promovida pela Agência Internacional de Energia, IEA/SHC Task 70, que abrange desde a fase de produção dos materiais até o fim do ciclo. Como resultados, verifica-se que a fase de produção de materiais é a principal responsável pelas emissões, representando cerca de 54% do total; os materiais aço e concreto representam a maior parte do carbono incorporado. A fase de operação equivale a 46% do total de emissões, o que pode ser explicado pelo baixo consumo energético do edifício, equivalente a ¼ de um edifício de escritório convencional no mesmo local. Esse tipo de edifício, em países com contexto climático semelhante, mas uma matriz energética baseada em fontes fósseis, tende a apresentar maior impacto ambiental. O estudo reforça a importância de considerar tanto o desempenho energético quanto as emissões incorporadas desde o projeto, visando edificações verdadeiramente sustentáveis em climas tropicais.

Palavras-chave: Balanço energético nulo. Envoltória. ACV. CO_2. Consumo Energético.

Resumen

Este trabajo examina las emisiones de carbono (relacionadas con los gases de efecto invernadero - GEI) en el ciclo de vida de la envolvente de un edificio de balance energético nulo (nZEB) ubicado en clima cálido. Se aplicó como método una herramienta de cálculo simplificada para Evaluación del Ciclo de Vida (ACV) promovida por la Agencia Internacional de Energía, IEA/SHC Task 70, que abarca desde la fase de producción de materiales hasta el final del ciclo. Como resultado, se observa que la fase de producción de materiales es la principal responsable de las emisiones, representando aproximadamente el 54% del total; los materiales acero y hormigón concentran la mayor parte del carbono incorporado. La fase de operación representa el 46% del total de emisiones, lo que puede explicarse por el bajo consumo energético del edificio, equivalente a ¼ del consumo de un edificio de oficinas convencional en la misma localidad. Este tipo de edificio, en países con climas similares pero con matrices energéticas basadas en fuentes fósiles, tiende a presentar un mayor impacto ambiental. El estudio refuerza la importancia de considerar tanto el



desempeño energético como las emisiones incorporadas desde la etapa de diseño, con el objetivo de lograr edificaciones verdaderamente sostenibles en climas tropicales.

Palabras clave: *Balance energético nulo. Envolvente. ACV. CO_2. Consumo energético.*

Abstract

This study examines carbon emissions (related to greenhouse gases – GHG) over the life cycle of the envelope of a net zero energy building (nZEB) located in a hot climate. A simplified life cycle assessment (LCA) calculation tool developed by the International Energy Agency, IEA/SHC Task 70, was used as the method. It covers the stages from material production to end of life. The results show that the material production phase is the main contributor to emissions, accounting for approximately 54% of the total; steel and concrete are the materials responsible for the largest share of embodied carbon. The operational phase accounts for 46% of total emissions, which can be attributed to the building's low energy consumption — equivalent to ¼ of a conventional office building at the same location. In countries with similar climate conditions but fossil-fuel-based energy matrices, this type of building tends to have a higher environmental impact. The study reinforces the importance of considering both energy performance and embodied emissions from the design stage, aiming for truly sustainable buildings in tropical climates.

Keywords: *Net-zero energy. Envelope. LCA. CO_2. Energy consumption.*

1. Introdução

Conforme Benite (2011), diversos setores são responsáveis pela intensificação das mudanças climáticas devido à emissão de gases de efeito estufa (GEE). Entre eles, a construção civil se destaca, sendo responsável por mais de 37% das emissões de CO_2 relacionadas ao uso de energia e à produção de materiais como cimento, aço, cerâmica e alumínio, conforme relatório da *Global Alliance for Buildings and Construction*, publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2023). Frente a esse cenário, o conceito de Edificação de Balanço Energético Nulo (*Zero Energy Building -ZEB*), surge como uma estratégia promissora para a descarbonização do setor, ao aliar elevada eficiência energética à geração local de energia (AMORIM et al., 2020).

Em operações industriais, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é amplamente utilizada para mensurar os impactos ambientais de produtos e processos padronizados. No entanto, os edifícios diferem significativamente desse contexto, pois cada construção possui características únicas, enquanto os processos industriais tendem a ser repetitivos e controláveis. Na construção civil, a aplicação da ACV torna-se mais complexa devido à imprevisibilidade do processo construtivo, à variedade de materiais, à longa vida útil das edificações e às inúmeras variáveis envolvidas. Ainda assim, a ACV é uma ferramenta essencial para compreender e reduzir os impactos ambientais do setor (BUYLE; BRAET; AUDENAERT, 2013).

As edificações emitem dióxido de carbono (CO_2) e outros GEE em todo o seu ciclo de vida, tanto diretamente – nas etapas de construção, operação, manutenção e descarte – quanto indiretamente, por meio da produção dos materiais (ANTUNES; GHISI, 2021). Encontram-se na literatura vários estudos relacionando o consumo de energia nas edificações como determinante no impacto ambiental de edificações e suas consequências para o fenômeno do aquecimento global. Ainda, estudos aplicam a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) para avaliar impactos ambientais em sistemas construtivos e materiais empregados em edificações (SILVA; CALDAS; FIGUEIREDO, 2024).

Entretanto, há poucos trabalhos que se debruçam especificamente sobre a influência das suas envoltórias, determinantes para sua performance energética. Para abordar essa lacuna de conhecimento, este trabalho utiliza o método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para examinar as emissões de carbono referentes aos GEEs associadas à envoltória de um edifício

demonstrativo de balanço energético nulo, aplicando uma ferramenta de cálculo desenvolvida pela Agência Internacional de Energia (IEA/SHC, Task 70).

A análise de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) segue os mesmos princípios adotados no estudo realizado por Hoxha (2024), aplicado ao contexto do LabZero – UnB. No entanto, neste trabalho adota-se uma abordagem simplificada, com o uso de planilhas parametrizadas e bancos de dados - revisão de literatura e bases como Declaraçãoes Ambientais de Produtos (DAPs) e Ecoinvent –, em vez de softwares especializados, como o SIMAPRO.

Nessa perspectiva, esse artigo insere-se na Task 70 da *International Energy Agency* (IEA), denominada "*Low Carbon, hight Comfort lighting"*, cujo objetivo geral é identificar e apoiar a implementação dos potenciais de iluminação (envoltória, elétrica e solar passiva) na descarbonização em uma perspectiva global. Este artigo busca avaliar por meio da metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), os impactos ambientais associados à envoltória de uma edificação *nZEB*, destacando seu potencial de contribuição para redução das emissões de carbono no setor da construção civil.

2. Método

2.1. Estudo de Caso: LabZero – UnB

Utilizou-se como estudo de caso o edifício LabZero – UnB, de de balanço energético nulo. Edificação demonstrativa de alta eficiência energética, resultado de uma chamada pública *NZEB* BRASIL – PROCEL EDIFICA. Localizado no campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília (UnB), é constituído por uma área de escritório, copa, banheiro e vestiário, área técnica e bicicletário, somando o total de 207m² (AMORIM et. al., 2020).

De acordo com Góes et. al. (2021), o LabZero - UnB apresenta uma demanda de energia primária de 54,88 kWh/m².ano e de energia elétrica de 34,30 kWh/m².ano. Desse total, 13,40 kWh/m².ano são consumidos para climatização, 4,22 kWh/m².ano para iluminação e 16,67 kWh/m².ano para equipamentos. A destacada eficiência energética é resultado de medidas projetuais e tecnológicas, como volumetria e implantação, sombreamento, envoltórias com propriedades adequadas ao clima local (Zona Bioclilmática 4), iluminação natural e automação

da climatização e iluminação elétrica (AMORIM et. al., 2020). A geração de energia é garantida por módulos fotovoltaicos integrados às proteções solares localizadas na fachada norte e instalados na cobertura.

2.2. Ferramenta de cálculo baseada em Avalição de Ciclo de Vida (ACV)

2.2.1. Emissão de carbono incorporado

Para a aplicação do método de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) utilizou-se uma ferramenta de cálculo simplificada promovida pela IEA, no âmbito *Task* 70. A ferramenta, desenvolvida por Hoxha (2024), baseada na EN 15978:2011 e EN 15804:2019, é uma planilha *Excel* que estima os impactos ambientais de projetos arquitetônicos fundamentados em hipóteses e simplificações.

Assim como o autor, o presente trabalho utilizou como fontes principais as Declarações Ambientais de produtos (DAPs) de fabricantes, bases de dados como o *Ecoinvent* e informações recuperadas da literatura. Os quantitativos de materiais foram obtidos a partir de orçamentos da obra civil, com base no projeto executivo do LabZero – UnB.

O recurso calcula a emissão de carbono associada ao Potencial de Aquecimento Global (GWP) em todas as etapas do ciclo de vida, conforme a norma EN 15978 (CEN, 2011): produção (A1-A3), transporte (A4), construção (A5), substituição (B4), demolição (C1), transporte (C2), processamento de resíduos (C3) e eliminação (C4) para uma vida útil de 50 anos. A planilha está organizada de maneira a permitir a decomposição dos produtos e materiais utilizados na construção organizados por sistemas, por exemplo: fundações, paredes externas, janelas, cobertura, lajes intermediárias, paredes internas, portas, sistema de iluminação etc.

Além disso, a ferramenta permite a adaptação a contextos climáticos diferentes, uma vez que viabiliza a inserção de dados relacionados à edificação e emissões de carbono equivalentes de diferentes países.

Tabela 1: Descrição geral da edificação.

Descrição	Input	Unidade
Localização do edifício	Brasil	0,102 (kg CO_2-eq/kWh/ano)
Área do edifício	207	m²
Perímetro do edifício	64,02	ml
Vida útil do edifício	50	anos
Consumo de energia	7.099,28	kWh.ano
Área do piso	207	m²
Área das paredes externas	79,03	m²
Áreas das janelas	23,68	m²
Área das portas externas	10	m²
Área de cobertura	140,78	m²
Fotovoltaico	23,44	m²

Fonte: Autores, 2024.

Considerando os objetivos deste estudo, as avaliações se concentraram apenas no indicador ambiental do potencial de aquecimento global (GWP) para o sistema de envoltórias (Tabela 2). Adotou-se o fator de emissão de carbono equivalente do Brasil de 0,102 kg CO_2-eq/kWh (OUR WORLD IN DATA, 2024). Os dados descritivos da edificações estão apresentados na Tabela 1.

O levantamento dos quantitativos de materiais empregados na envoltória do LabZero – UnB foi organizado por componentes dos sistemas de piso, paredes externas, janelas, portas externas, cobertura e brises de sombreamento, como módulos fotovoltaicos integrados à fachada Norte. Os sistemas são decompostos em elementos construtivos e por materiais de composição. Para cada material indicou-se o número de substituições ao longo de um ciclo de vida de 50 anos, com base na durabilidade dos materiais (Tabela 2).

Tabela 2: Quantitativo de material da envoltória do LabZero – UnB.

Componente da construção	Elementos da construção	Material	Quantidade	Unidade	Substituição	Transporte (Km)	
						A4	C2
Piso	Estrutura	Aço	7.420	kg	0	500	20
		Steel deck	2.223	kg	0	500	20
	Piso e revestimento	Contrapiso de argamassa	10.934	m³	0	500	20
		Piso de granilite	11,55	m²	0	500	20
		Piso em cimento queimado	207,14	m²	0	500	20
Parede externa	Estrutura	Placa de gesso	84	m²	1	500	20
		Placa de fibrocimento	84	m²	1	500	20
	Pintura	Massa acrílica látex (2 demão)	414	kg	5	500	20
	Isolamento	Lã de rocha	210	kg	1	500	20
Janelas	Estrutura	Vidro laminado	37	m²	0	500	20
		Alumínio	39,24	kg	1	500	20
Portas	Externas	Porta de lambril	15	kg	1	100	20
		Porta de madeira	3,36	m²	1	100	20
Cobertura	Estrutura	Telha termoacústica	98	m²	0	500	20
		Trama de aço	784	kg	0	500	20
	Isolamento	Lã de rocha	235	kg	0	500	20
		Poliuretano	13	m²	0	500	20
	Vedação	Rufo aço galvanizado	44,8	kg	1	500	20
Proteções solares	Fotovoltaíco	Brises em módulos bifaciais	47	m²	1	500	20
		Metalon	1.769	kg	1	500	20
		Brises em módulos lienar	70	kg	1	500	20

Fonte: Autores, 2024.

Após estimar os quantitativos, cada material recebe um fator de impacto ambiental correspondente a cada fase do ciclo de vida (A1 – C4), com base nas fontes previamente mencionadas. Em seguida, realiza-se a multiplicação entre a quantidade do material levantado e o fator de impacto em cada fase. No final, são apresentados os impactos ambientais por material, por etapa do ciclo de vida e o total por metro quadro do edifício. Somando os valores, podem-se obter as emissões incorporadas e operacionais.

2.2.2. Emissão de carbono operacional

Para estimar as emissões de carbono operacional da edificação, utiliza-se a seguinte equação, conforme as diretrizes da normas EN 15978:2011 e EN 15804:2019.

$$EOCO_2\text{-eq} = E \times FC \times VUP \quad (1)$$

Onde:

$EOCO_2$-eq = emissão ede carbono operacional da edificação (kg CO_2-eq/edificação);

E = demanda energia elétrica anual (kWh/ano);

FC = fator de carbono nacional (kg CO_2-eq/kWh).

VUP = vida útil de projeto da edificação.

Para o cálculo, considerou-se um consumo anual de 7.099,28 kWh/ano, multiplicado pelo fator, 0,102 kg CO_2-eq/kWh (OUR WORLD IN DATA, 2024), resultando em 724,43 kg CO_2-eq/ano. Esse valor é dividido pela área total do LabZero - UnB, 207m². Assim, obtém-se 3,49 kg CO_2-eq/m².ano. Multiplicando esse resultado pela vida útil de 50 anos, chega-se a um total de 174,98 kg CO_2-eq/m².

Como parte da análise de sensibilidade, comparou-se o impacto entre a influência das matrizes elétricas da Bolívia e da Tailândia sobre as emissões operacionais, por apresentarem climas semelhantes ao do Brasil, além de pertencerem ao Sul Global e estarem em processo de desenvolvimento. Para essa análise, não foi considerado o abatimento referente à geração de energia solar, o que tende a superestimar as emissões operacionais.

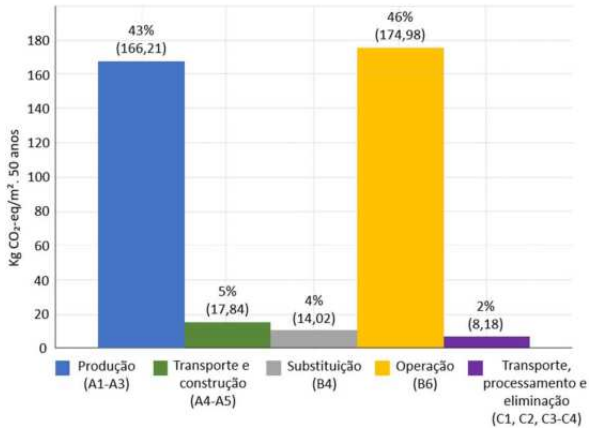
3. Resultados e discussão

3.1. Emissão de carbono incorporado e operacional

A avaliação revela que a fase de produção de materiais (A1-A3) é a principal responsável pelas emissões, com 166,21 kg CO_2-eq/m².50anos, representando cerca de 43% do total, destacando a relevância da seleção de materiais de menor impacto ambiental. As etapas de transporte e construção (A4-A5), somam 17,84 kg CO_2-eq/m².50anos (5%), reforçando a necessidade de otimização logística. A fase de substituição (B4), apresentou 14,02 kg CO_2-eq/m².50 anos, com 4% da porcentagem total.

As etapas finais do ciclo de vida (C1-C4), com 8,18 kg CO_2-eq/m².50anos, contribuem de forma mínima, correspondendo a 2% da emissão incorporada, o que indica impactos reduzidos, mas importantes, principalmente em relação ao descarte e reciclagem. Ao todo, as emissões incorporadas somaram 206 kg CO_2-eq/m² ao longo de 50 anos (equivalente a 4,12 kg CO_2-eq/m².ano), representando 54% das emissões totais do ciclo de vida do edifício (Figura 1).

Figura 1: Percentual de emissão de carbono incorporado e operacional em 50 anos do LabZero - UnB



Fonte: Autores, 2024

Com relação à fase de operação, o valor obtido pela fórmula (1) representa 46% do total das emissões do ciclo de vida. Espera-se que, com a inclusão das demais partes da edificação na avaliação, a proporção das emissões incorporadas aumente, enquanto a parcela referente à fase operacional apresente uma redução.

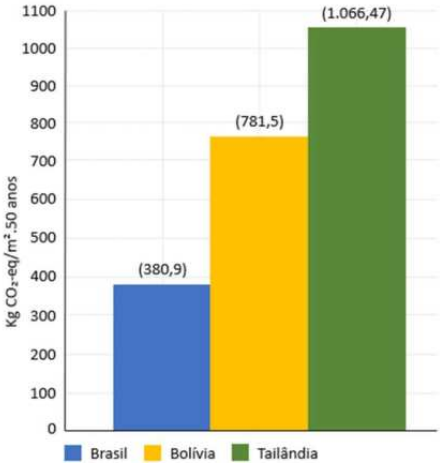
As emissões operacionais estão diretamente relacionadas ao consumo de energia. O edifício *(nZEB),* cujo uso predominante é de escritório, apresenta consumo anual de 34,30 kWh/m².ano, bem inferior à média de edifícios corporativos em Brasília (132 kWh/m².ano), segundo Costa, Oliveira e Amorim (2017). Diferente dos edifícios convencionais, os *nZEBs* também geram energia própria, geralmente por meio de sistemas fotovoltaicos, como no LabZero – UnB, que utiliza módulos na cobertura e brises solares na fachada. O impacto ambiental evitado por essa geração ainda será analisado em estudos futuros.

3.2. Análise de sensibilidade da emissão de carbono operacional de mesma edificação, quando alocada em países de clima similar e diferentes matrizes energéticas

Para esta análise, foram considerados fatores como latitude, clima e perfil da matriz energética, afim de selecionar países com contextos comparáveis ao do LabZero – UnB. Apesar da matriz brasileira ser majoritariamente limpa, com destaque para a energia hidrelétrica, Bolívia e Tailândia – países em desenvolvimento do Sul Global – possuem matrizes baseadas em

combustíveis fósseis. A escolha permite avaliar o impacto das fontes de energia em condições climáticas semelhantes às do Brasil.

Figura 2: Comparativo da emissão total em 50 anos do LabZero - UnB considerando diferentes matrizes de energia elétrica



Fonte: Autores, 2024

Como pode-se notar na Figura 2, a matriz energética exerce grande influência na emissão de CO_2-eq na fase operacional de edificações. O mesmo edifício inserido na Bolívia, que possui 77% de energia produzida por meio de fonte fóssil, emitiria 781,5 $kgCO_2$-eq/m², quase o dobro do valor registrado para o Brasil (380,9 $kgCO_2$-eq/m²). Na Tailândia, onde mais de 80% de sua energia é proveniente de combustíveis fósseis, as emissões subiriam para 1.066,47 $kgCO_2$-eq/m², representando um aumento superior ao dobro em relação ao cenário brasileiro.

4. Conclusões

A partir desta pesquisa, foi possível verificar que as emissões incorporadas no ciclo de vida da envoltória de uma edificação *nZEB* de clima quente pode chegar a 206 kg CO_2-eq/m², enquanto a emissões operacionais alcançam 174,98 kg CO_2-eq/m², totalizando 380,9 kg CO_2-eq/m², considerando o período de 50 anos. A fase de produção de materiais é a principal responsável pelas emissões, representando cerca de 54% do total; a fase de operação, equivale a 46% do total, o que pode ser explicado pelo baixo consumo energético do edifício, equivalente a ¼ de um edifício de escritório convencional no mesmo local. Caso esse mesmo edifício *nZEB* estivesse

localizado em climas semelhantes, mas em países com matrizes energéticas mais poluentes, a emissão de carbono total poderia chegar a 1.066,47 kg CO_2-eq/m², representando quase o triplo do valor obtido para o contexto brasileiro.

Este estudo explora resultados iniciais para edificações *nZEB* no Brasil, com base em uma ACV simplificada. Como pesquisa futura, a metodologia utilizada será aprimorada, abrangendo mais etapas do ciclo de vida, outros sistemas do edifício, como iluminação e automação, e o impacto da geração fotovoltaica na redução das emissões operacionais e totais de carbono.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do CNPq e FAPDF.

6. Referências

ANTUNES, Lucas Niehuns; GHISI, Enedir. Análise do ciclo de vida energético de edificações: atualização do estado da arte. In: **ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENCAC)**, 2021, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: UFSC, 2021.

AMORIM, Cláudia N. D. et al. **ZEB – Zero Energy Brasília: plano estratégico de eficiência energética para parque construído de balanço energético nulo**. Brasília, DF: s.n., 2020.

BENITE, A. **Emissões de carbono e a construção civil**. São Paulo: Centro de Tecnologia de Edificações, 2011.

BUYLE, Matthias; BRAET, Johan; AUDENAERT, Amaryllis. *Life cycle assessment in the construction sector: a review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 26, p. 379–388, 2013. DOI: 10.1016/j.rser.2013.05.001.

CEN – COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **EN 15804:2019 – Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products**. Brussels: CEN, 2019.

COSTA, J. F. W.; OLIVEIRA, N. P. R. de; AMORIM, C. N. D. Morphological characteristics and energy consumption of office buildings in the central area of Brasilia.In: international conference on

passive and low energy architecture, 33., 2017, Edinburgh. Proceedings. [Edinburgh]: NCEUB, 2017. v. 2, p.2507-2514. Disponível em: https://plea2017.net/wp-content/themes/plea2017/docs/PLEA2017_proceedings_volume_II.pdf. Acesso em: 30 abril. 2025.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – CEN. **EN 15978: Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method**. Brussels: CEN, 2011.

GOES, T. ; MEDEIROS, A. D. ; FARIA, R. C. A. ; **CRONEMBERGER, JOÁRA** ; AMORIM, C. N. D. ; Silva, C. F. . Labzero|unb: simulação para o desempenho de edifício de balanço energético nulo em brasília. In: xvi encontro nacional de conforto no ambiente construído / xii encontro latino-americano de conforto no ambiente construído, 2022, Palmas. Anais do XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído/ XII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2021.

HAXHO, Endrit. **LCA – Lighting**. Material de apoio da Subtask D da Task 70, 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Task 70 – Low carbon, high comfort integrated building design**. Disponível em: https://task70.iea-shc.org/about. Acesso em: 10 fev. 2025.

OUR WORLD IN DATA. **Carbon intensity of electricity**. Disponível em: https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity. Acesso em: 28 abril. 2025.

SILVA, Marcella Clarimundo Ferreira; CALDAS, Lucas Rosse; FIGUEIREDO, Chenia Rocha. Avaliação de emissões de carbono: análise comparativa entre dados de projeto e de obra nas etapas de fundação e estrutura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. Anais [...]. Maceió: ANTAC, 2024.

UNEP. *2023 global status report for buildings and construction: towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2023. 84 p. Disponível em: https://globalabc.org/resources/publications/2023-global-status-report-buildings-and-construction. Acesso em: 5 maio 2025.