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.v21i1.8623

Rede MORE e a descarbonização da autoconstrução habitacional no Brasil

MORE Network and the decarbonization of self-built construction in Brazil

Mayara Regina Munaro
UTFPR | Curitiba | Brasil | mayaramunaro@utfpr.edu.br
Ercília Hitomi Hirota
UEL | Londrina | Brasil | ercilia@uel.br
Maria Alice Camargo Gonzales Monticelli
InovaUSP | São Paulo | Brasil | camargo.alice@usp.br
Rubiane Antunes
hubIC | São Paulo | Brasil | rubiane.antunes@gmail.com
Vanderley M. John
USP | São Paulo | Brasil | vmjohn@lme.pcc.usp.br

Resumo

As favelas representam desafio para a descarbonização da construção devido à inexistência de dados que permitam quantificar materiais e avaliar os impactos ambientais. Esse cenário é agravado pela vulnerabilidade dessas populações nesses territórios diante de eventos climáticos, tornando urgente a avaliação das condições dessas moradias, com dados primários, para o estabelecimento de estratégias efetivas de mitigação. Este artigo apresenta um modelo de diagnóstico do carbono embutido e da qualidade das moradias, desenvolvido a partir de um estudo de caso em uma favela. Optou-se pela abordagem de design estratégico, com ciclos intermediários de aplicação, avaliação e revisão, para superar a complexidade na obtenção de dados primários e o alto nível de incertezas relacionadas à obtenção dos dados e à qualidade dos registros sobre o território e as moradias, bem como à qualidade do ambiente interno e do processo de tomada de decisão sobre a construção. Os resultados indicam a possibilidade de uso do modelo em outros territórios, visando à construção de um método e de uma base de dados sobre carbono embutido nas favelas e em habitações não formais.

Palavras-chave: Autoconstrução habitacional. Descarbonização. Favela. Carbono embutido. Estudo de caso.

Abstract

Favela communities pose a challenge to construction decarbonization due to the lack of data needed to quantify materials and assess environmental impacts. This scenario is worsened by the vulnerability of these populations in these territories to climate events, making it urgent to assess the condition of these dwellings using primary data to establish effective mitigation strategies. This article presents a data collection and analysis model for estimating embodied carbon, developed through a case study in a favela. An strategic design approach was chosen, with intermediate cycles of application, assessment, and review, to overcome the complexity of obtaining primary data in the territory and the high level of uncertainties related to the feasibility of obtaining data and the quality of records on territory and housing characteristics, indoor environment quality, and the construction decision-making process. The results indicate the possibility of applying the model in other territories, with the aim of building a database of embodied carbon in self-built and informal housing.

Keywords: Self-built construction. Decarbonization. Favela. Embodied carbon. Case study.

Como citar:
MUNARO, M. R. et al. Rede MORE e a descarbonização da autoconstrução habitacional no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8623

INTRODUÇÃO

O ambiente construído é responsável por mais de um terço das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) [1]. Entre os principais materiais associados a essas emissões, destaca-se o concreto, amplamente utilizado em edificações e cuja produção depende do cimento, responsável por cerca de 6% das emissões globais de CO_2 [1]. A estratégia de redução do consumo de materiais intensivos em carbono, como o concreto, é central não apenas para mitigar as emissões, mas também para reduzir o consumo de energia e de água ao longo do ciclo de vida das edificações.

Tradicionalmente, os esforços de descarbonização concentram-se no consumo de energia na fase de uso dos edifícios [2], que é predominante em países frios. No entanto, sabe-se que, no Brasil, o carbono embutido associado à produção de materiais, à construção e à manutenção é mais importante [3], porque a energia elétrica é limpa e o consumo de energia no condicionamento dos edifícios é baixo.

Além disso, estima-se que mais de 1,1 bilhão de pessoas vivam em assentamentos informais no mundo [4]. No território brasileiro, as favelas abrigam mais de 16 milhões de habitantes (8,1% da população) e caracterizam-se por infraestrutura limitada, alta densidade populacional e vulnerabilidade socioambiental [5]. Estas construções seguem, fundamentalmente, a cultura construtiva da comunidade, sendo pouco influenciadas pela evolução das normas técnicas e dos códigos de obra. Elas representam um arranjo espacial complexo de moradia, o que dificulta seu estudo.

A autoconstrução constitui a principal forma de produção habitacional em favelas, pulverizada e não regulada, às margens de qualquer controle urbanístico e edilício, sem a participação de profissionais legalmente habilitados (arquitetos ou engenheiros) no projeto e na gestão da obra, e que utiliza mão de obra informal, mesmo que remunerada [6]. Esse arranjo, que surge de forma orgânica e incremental, é a solução disponível aos moradores de baixa renda para o acesso à moradia. Como resultado, as soluções construtivas são heterogêneas, com condições de bem-estar e de desempenho ambiental pouco conhecidas. A ausência de bases de dados estruturadas e de registros técnicos dificulta a quantificação dos materiais utilizados e, consequentemente, a estimativa do carbono embutido nessas edificações. E esta ausência não é observada apenas no Brasil [7].

Essa lacuna é particularmente crítica diante do aumento da vulnerabilidade dessas populações às mudanças climáticas, que se manifesta na maior exposição a eventos extremos, como inundações e deslizamentos. Grupos em condições socioeconômicas menos favorecidas tendem a sofrer os efeitos adversos dessas mudanças com maior intensidade, além de apresentarem maior exposição a riscos à saúde [8]. Na última década, 93% dos municípios brasileiros registraram emergências ou estado de calamidade pública, sobretudo em decorrência de tempestades, inundações, enxurradas, alagamentos e deslizamentos [5]. Apesar da relevância do tema, ainda são escassos os estudos que quantificam as emissões de carbono associadas à autoconstrução habitacional, bem como a qualidade de vida proporcionada por essas moradias.

A Rede MORE: Bem-Estar e Baixo Carbono nas Moradias (https://hubic.org.br/rede-more/) é uma iniciativa voltada ao desenvolvimento de um método para estimar o consumo de materiais, as emissões de CO_2 e o bem-estar das habitações não formais, que não são construídas por meio da contratação de empresas ou profissionais habilitados. Esta Rede busca, principalmente, compreender os fatores que orientam as decisões dos moradores no processo de construção ou reforma e avaliar o bem-estar desses moradores. Com esse diagnóstico, é possível identificar oportunidades para o desenvolvimento de materiais e componentes inovadores e mais sustentáveis que atendam às exigências desse mercado.

A partir da replicação do método em outros estudos, será possível estruturar uma base de dados que forneça subsídios para a formulação de políticas públicas e o desenvolvimento de inovações voltadas à mitigação do carbono e à promoção do bem-estar nas moradias.

Este artigo limita-se à apresentação do estudo piloto que possibilitou o desenvolvimento de um protótipo do método, aqui denominado **Modelo de Diagnóstico Integrado (MDI)**, focado na estimativa do carbono embutido, no processo decisório e na avaliação do bem-estar nas moradias. Optou-se pelo estudo de uma favela, por representar a modalidade de habitação não formal que apresenta os maiores desafios para o acesso e a obtenção de dados primários, bem como a maior vulnerabilidade em suas condições de vida.

ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso, devido à forte dependência contextual das variáveis em estudo — características das moradias quanto aos materiais empregados e à qualidade ambiental, bem como o processo de materialização do território [9]. O estudo foi desenvolvido em uma favela localizada no município de São Paulo, com cerca de 3 mil moradias, selecionada por sua facilidade de acesso. Um histórico de projetos de extensão universitária desenvolvidos no local facilitou o acesso da equipe de pesquisa às moradias.

Tendo em vista a complexidade da obtenção de dados primários e o alto nível de incertezas quanto à viabilidade de sua obtenção e à qualidade dos registros, adotou-se a abordagem de design estratégico, predominantemente abdutiva. Segundo Dorst [12], este tipo de abordagem propõe uma mudança de perspectiva para compreender e criar valor em cenários dinâmicos e incertos [11]. O estudo foi desenvolvido em duas fases:

- Fase exploratória-operacional, por meio do uso de ferramentas como prototipagem [12], dedicada à formulação, uso e avaliação das estratégias e dos instrumentos de coleta de dados e de modelagem computacional; a principal característica observada nessa etapa foi a escalabilidade, avaliada pelo baixo custo, facilidade de acesso e usabilidade dos instrumentos desenvolvidos;

- Consolidação metodológica e conceitual para replicação do método, ainda em desenvolvimento.

A Figura 1 sintetiza os instrumentos e os procedimentos de coleta e de análise de dados. O estudo teve início com a coleta de dados do território, com o uso do escaneamento LiDAR para estimativa da área construída total, simultaneamente a uma visita exploratória guiada por pesquisadores que atuavam na comunidade. A partir desse reconhecimento, foram identificadas zonas relevantes para a escolha de moradias, que deveriam ser caracterizadas em detalhes, com base principalmente no critério de maior representatividade dos diversos arranjos de moradias presentes no território.

Figura 1: Síntese do plano de coleta e análise de dados coletados

CATEGORIA DE VARIÁVEIS	INSTRUMENTOS DE COLETA	TRATAMENTO DOS DADOS	VARIÁVEIS
ÁREA CONSTRUÍDA DO TERRITÓRIO	Imagens LIDAR	Geração de modelos digitais de terreno e de superfície	Área de projeção e numero de pavimentos dos polígonos
CARACTERIZAÇÃO DA MORADIA	Escaneamento interno 3D Scan, com georeferenciamento	Transferência para modelo BIM	Área construída; número de pavimentos, sistema construtivo, tipo de material empregado e quantidade de materiais
	Entrevista aprofundada com roteiro semiestruturado. 5 construtores e 3 pedreiros atuantes no território*	Identificação dos traços adotados para concreto e argamassas	Quantidade de cimento em concretos e argamassas
	Aplicativo MORE	Relatório extraído do aplicativo	Especificação de sistemas construtivos, materiais e componentes; Existência de patologias
QUALIDADE DAS MORADIAS	Entrevista aprofundada com roteiro semiestruturado. Georeferenciamento e gravação em áudio (42 moradores)*	Uso de IA Turbo Scribe para transcrição das entrevistas Extração e codificação de dados com uso de IA ChatGPT a partir do desenvolvimento de promts específicos	Percepção de ruídos, odor, calor, frio
	Sensores (31 moradias)	Planilha eletrônica para armazenamento e análise de dados horários; Software Energy Plus para simulação de desempenho térmico em cenário de altas temperaturas e acúlulo de CO_2 no ambiente	Temperatura, umidade, VOC e gás carbônico
	Aplicativo MORE	Relatório extraído do aplicativo	Existência de patologias, iluminação natural, ventilação natural
PROCESSO DE DECISÃO PARA REFORMA E CONSTRUÇÃO	Entrevista aprofundada com roteiro semiestruturado. Georeferenciamento e gravação em áudio (42 moradores)*	Uso de IA Turbo Scribe para transcrição das entrevistas Extração e codificação de dados com uso de IA ChatGPT a partir do desenvolvimento de promts específicos	Mapeamento de decisões acerca de especificações da reforma ou construção

Fonte: os autores.

Foram estudadas 39 moradias, atendendo a critérios de representatividade do ambiente construído no território: localização na comunidade, número de pavimentos, grau de conclusão da edificação, tipo de acabamento construtivo, salubridade das condições de contorno e, principalmente, autorização do morador para o acesso à moradia, para a coleta de dados por meio de entrevistas aprofundadas[1], do registro de imagens e da instalação de sensores para avaliação da qualidade do ar.

As imagens do LiDAR foram tratadas para permitir a identificação da altura dos polígonos e gerar a estimativa mais precisa possível da área construída total no

[1] Pesquisa aprovada pelo CEP número do parecer 7.039.470 / CAAE 81410824.2.0000.5390

território. As moradias foram escaneadas internamente com o aplicativo 3D Scanner, gerando uma nuvem de pontos, que foi transferida para o software BIM Revit, de modo a gerar modelos 3D das moradias e possibilitar a estimativa do volume de materiais para o cálculo do carbono embutido. Os sensores foram mantidos em 31 moradias por 4 a 6 meses, com aquisição contínua de dados em horários definidos.

As técnicas de análise de dados combinaram abordagens descritivas e ferramentas computacionais, incluindo o processamento automatizado com a linguagem Python. Esta abordagem de design, envolvendo o grupo multidisciplinar de pesquisa, estimulou ciclos curtos de análise coletiva que possibilitaram a reflexão e a síntese em todas as etapas analíticas. Esse grupo era composto por pesquisadores doutores especializados nas áreas de Economia Comportamental, Arquitetura e Urbanismo, Design, Gerenciamento da Construção, Ciência dos Materiais, Ciência de Dados Aeroespaciais e Sensoriamento Remoto.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Modelo de Diagnóstico Integrado (MDI) do território, desenvolvido a partir das ações realizadas no piloto com esta primeira comunidade, aborda três dimensões (Figura 2):

Figura 2: Dimensões do MDI



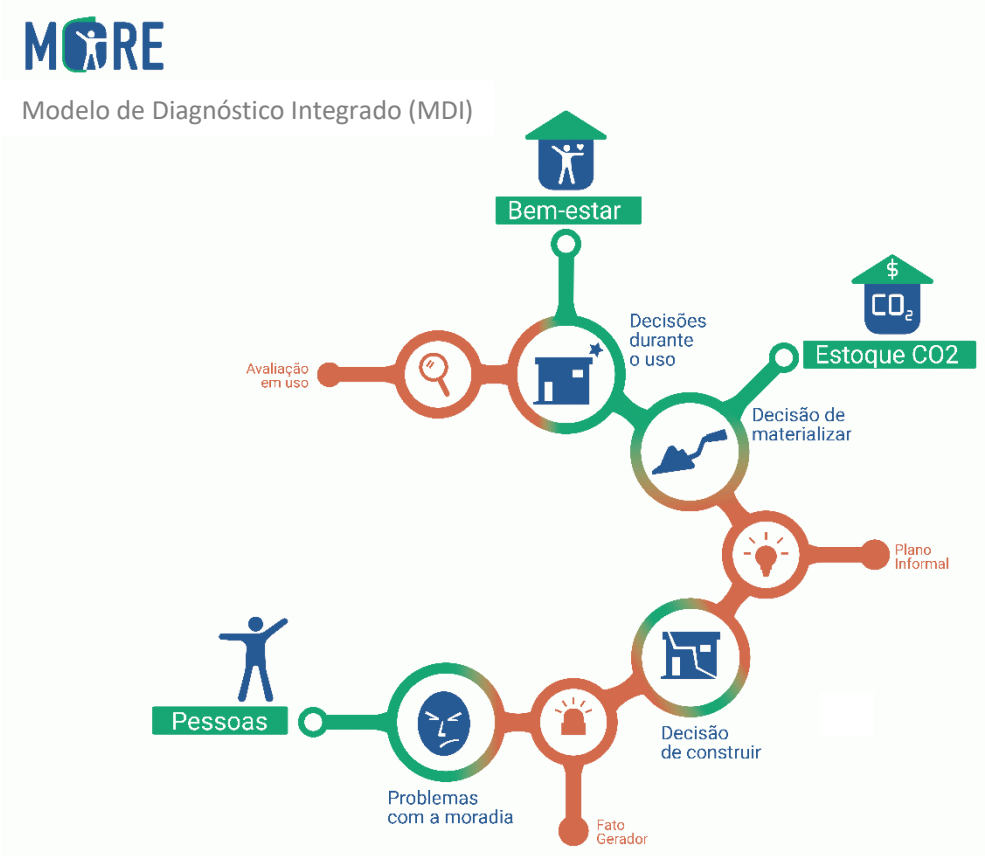
Fonte: os autores.

Como ilustrado pela Figura 2, o MDI associa:

- A decisão do morador sobre como construir/reformar;
- A estimativa do CO_2 embutido nas moradias - de acordo com a escolha dos materiais e dos tipos construtivos encontrados;
- As condições de bem-estar proporcionadas pelas moradias existentes.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8623

Figura 3: Modelo de Diagnóstico Integrado (MDI) desenvolvido pela Rede More



Fonte: os autores.

PESSOAS: O PODER DECISÓRIO DA CONSTRUÇÃO

A Figura 3 ilustra o processo de materialização das moradias, desenvolvido com base na análise dos dados coletados nas entrevistas com os moradores. O ciclo começa com o desejo de mudança, oriundo de um incômodo que abrange desde questões estéticas até ampliações estruturais – como a construção de novos pavimentos. Verificou-se que, embora não haja assistência técnica e, portanto, um projeto ou plano estruturado para a construção, a decisão de construir ocorre quando a pessoa consegue equacionar os recursos necessários (financeiros, materiais e humanos). Esse processo decisório envolve vários atores, como construtores, comerciantes de materiais e componentes de construção, vizinhos, amigos e familiares. Mas nem sempre a decisão tomada é a que oferece o menor estoque de carbono nem o conforto ambiental desejado. Com a solução construtiva realizada, a pessoa pode avaliar o bem-estar proporcionado pela moradia até que surja um novo desejo de mudança, o que dará início a um novo ciclo.

ESTOQUE DE CO_2: O IMPACTO AMBIENTAL DAS CONSTRUÇÕES DAS MORADIAS

Não foram encontradas, na literatura nacional e internacional, avaliações do impacto ambiental da autoconstrução baseadas em dados primários. Por isso, esta etapa do desenvolvimento do MDI foi marcada pela abordagem abdutiva em ciclos curtos, nos quais a avaliação dos resultados de cada ferramenta adotada ou de cada procedimento

foi realizada pelos especialistas envolvidos na pesquisa. Também foram realizados painéis de discussão com especialistas externos ao projeto para uma análise crítica das diretrizes e dos achados preliminares, antes da sistematização do modelo.

A estimativa da área construída total no território foi obtida a partir do tratamento dos dados coletados por sensoriamento remoto e LiDAR, com a geração de uma série de modelos digitais de terreno e de superfície, visando identificar os limites das edificações, com a maior precisão possível. Os resultados obtidos foram considerados bastante adequados pela equipe de especialistas, diante das restrições de acesso ao território e da diversidade na configuração geométrica das edificações.

A conversão dessa estimativa em quantidade de CO_2/m^2 de área construída demandou a exploração de moradias para identificar o volume de elementos construtivos existentes sob as superfícies mapeadas nos modelos digitais de superfície. O fator de conversão do carbono embutido dos materiais foi obtido majoritariamente a partir de dados nacionais, considerando o sistema SIDAC [12] e as EPDs nacionais. Apesar da grande heterogeneidade das características geométricas observadas nas 39 moradias, as especificações dos materiais empregados apresentaram pouca variabilidade. Foram quantificados apenas os mais intensivos em carbono embutido: aço, cimento, blocos cerâmicos, concreto e telhas. Observou-se a predominância da cultura construtiva do mercado formal da região.

O tamanho reduzido da amostra e a heterogeneidade das moradias demandaram a adoção de duas lógicas de análise — por edificação e por pavimento — para buscar padrões construtivos e inferir o estoque total de CO_2 da favela, atrelada ao uso do método estatístico de *bootstrap*, que garante intervalos de confiança de 95% para os indicadores de sustentabilidade obtidos.

Outro desafio encontrado foi a falta de acesso a informações sobre as especificações dos materiais e sobre a identificação dos traços de concreto e das argamassas empregados. Neste estudo, as informações foram obtidas em entrevistas com pedreiros que atuam no território e a partir de uma base de dados de estudos realizados pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) em outras favelas. A partir dessas composições, foram estimadas as quantidades de cada material por m^2 de área construída.

No entanto, diante da amplitude característica da faixa de variabilidade dos indicadores de CO_2 embutido e da informalidade inerente à autoconstrução, considera-se que essas imprecisões na caracterização dos materiais devam ser incorporadas às incertezas inevitáveis do MDI e devidamente consideradas nas análises dos resultados de cada caso estudado.

BEM-ESTAR: A QUALIDADE CONSTRUTIVA DAS MORADIAS

Nesta primeira versão, o MDI restringe-se à avaliação da qualidade do ambiente interno das moradias, pautada em: i) observação dos pesquisadores; ii) percepção dos moradores quanto a odor, ruído, iluminação e ventilação natural; e iii) medição de parâmetros por meio de sensores. Dados de temperatura, umidade, compostos orgânicos voláteis (COV) e gás carbônico foram coletados por meio de sensores, complementados por informações sobre a presença visível de patologias construtivas

na moradia. Os resultados das variáveis qualitativas foram coerentes com os das quantitativas.

É preciso, ainda, aprofundar a discussão sobre o conceito de bem-estar nas habitações, para identificar outras variáveis que possam conferir maior robustez à avaliação do valor que as moradias podem proporcionar aos moradores.

Limitações e Incertezas

Considerando que o MDI foi sistematizado com base na observação de um único estudo realizado em uma favela, os achados apresentam limitações para serem extrapolados a outras favelas e a construções não formais.

Para superar essas limitações, será necessário aplicar o MDI a outras construções não formais, com diferentes culturas construtivas e geografias. Assim, será possível revisar e complementar procedimentos, estratégias e instrumentos de coleta e de análise de dados, com o objetivo de consolidar um método de diagnóstico integrado. Isso está contemplado nos próximos passos do projeto.

O modelo também apresenta incertezas decorrentes de simplificações iniciais, que demandarão estudos específicos que, devido a restrições orçamentárias e temporais, não foram avaliados neste estudo.

Fatores de incerteza, como a falta de dados relativos à dosagem efetiva de argamassas e de concretos coletados experimentalmente – que é sempre diferente da declarada, bem como de informações específicas sobre os tipos de materiais e de fundações utilizados ao longo do tempo e as dimensões exatas das estruturas de concreto, serão abordados em estudos específicos a serem realizados também no âmbito do projeto. Esse refinamento de premissas também se aplica à avaliação do bem-estar e ao mapeamento do processo de tomada de decisão para reformas e construções.

CONCLUSÕES

Este artigo apresentou resultados preliminares dos estudos desenvolvidos pela Rede MORE, sob a forma de um modelo de diagnóstico de carbono embutido na autoconstrução, visando consolidar uma proposta de Método de Diagnóstico Integrado para apoiar a descarbonização de habitações produzidas por mecanismos não formais e sem a assistência técnica de profissionais habilitados.

O Modelo MDI possibilita a análise integrada do ambiente construído, com base na rota percorrida pelo morador no processo de tomada de decisão sobre a construção ou reforma da moradia. Assim, é possível avaliar o impacto dessas decisões no bem-estar relacionado à moradia e estimar o estoque de CO_2 dos materiais de cada moradia e, por conseguinte, do território estudado. Essas informações consolidadas permitem compreender as características físicas predominantes nas edificações do território, como o número de pavimentos, a área construída, os materiais de construção e as tecnologias empregadas, bem como as inadequações e a cultura construtiva da região. Ou seja, trata-se de uma abordagem que integra morador, moradia e território no diagnóstico de maneira integrada.

Os resultados obtidos no projeto-piloto são específicos da favela estudada. Neste caso, destacaram-se alguns fatores de incerteza, como a falta de dados relativos à dosagem de argamassas e de concretos, bem como de informações específicas sobre os tipos de materiais utilizados ao longo do tempo e, consequentemente, sobre os fatores de emissão de CO_2. Em pesquisas futuras, espera-se aprimorar o modelo ao replicá-lo em outros territórios, com ajustes necessários conforme a cultura construtiva e a comunidade local, visando à construção de um método de diagnóstico integrado, com instrumentos e procedimentos detalhados.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi desenvolvido na rede de pesquisa *MORE: Bem-Estar e Baixo Carbono nas moradias* e no âmbito do projeto *"Mitigação de CO_2 e Qualidade de Vida nas habitações: MCMV & habitação autogerida"*, com apoio da Caixa Econômica Federal, da Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE) e do hubIC (ABCP-USP). Agradecemos o fomento e a parceria que possibilitaram a realização desta pesquisa.

Declaração

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

REFERÊNCIAS

[1] UNEP (2025) **Not just another brick in the wall: The solutions exist. Scaling them will build on progress and cut emissions fast.** United Nations Environment Programme, Paris

[2] Hollberg A, Lützkendorf T, Habert G (2019) **Top-down or bottom-up?** – How environmental benchmarks can support the design process. Build Environ 153:148–157. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.02.026

[3] Belizario-Silva F, John VM (2024) **Actual sources of life cycle impacts: Elementary processes and flows causing environmental impacts for a typical Brazilian building**. Build Environ 249:. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111151

[4] UN-Habitat (2023) **Rescuing SDG 11 for a Resilient Urban Planet.** UN, 2023.

[5] BRASIL M das C (2025) **Planos comunitários de redução de riscos e adaptação climática:** conceitos, potencialidades e perspectivas. Brasília

[6] Denaldi R, Piqui LRP, Martins MVO (2024) URBANIZAÇÃO DE FAVELAS E A DIMENSÃO DA PRECARIEDADE DAS MORADIAS NO BRASIL. In: Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusófono – 5CIHEL2024. Lisboa, p 20

[7] UN Habitat (2015) **Slum Almanac 2015 - 2016**: Tracking Improvement in the Lives of Slum Dwellers. 2015.

[8] dos Santos DM, Libonati R, Garcia BN, et al (2024) **Twenty-first-century demographic and social inequalities of heat-related deaths in Brazilian urban areas**. PLoS One 19:. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295766

[9] Yin R k (2018) **Case Study Research and Applications - Design and Methods**. 2018.

[10] USP (2022) **Censo Vizinhança USP: características domiciliares e socioculturais do Jardim São Remo e Sem Terra**. Universidade de São Paulo. Instituto de Estudos Avançados, São Paulo

[11] Belizario-Silva F, Santana Oliveira L, Costa Reis D, et al (2023) **The Sidac system: Streamlining the assessment of the embodied energy and CO2 of Brazilian construction products**. J Clean Prod 421:. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138461

[12] Dorst, K., and Watson, R. (2020) **Reframing and Strategic Transformation,** in Boess, S., Cheung, M. and Cain, R. (eds.), Synergy - DRS International Conference 2020, 11-14 August, Held online. https://doi.org/ 10.21606/drs.2020.130