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.v21i1.8633

Mapeamento de carbono incorporado dos materiais de construção utilizados no nordeste brasileiro com base em inventário de emissão de gases do efeito estufa [GEE].

Embodied carbon mapping of construction materials used in northeastern Brazil based on greenhouse gas [GHG] emission inventories.

Isabele Silva Farias
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | isabelefarias@alu.ufc.br
Alexandre Araujo Bertini
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | bertini@ufc.br

Resumo

O setor da construção civil proporciona a infraestrutura necessária aos agrupamentos humanos, tornando-se uma atividade perpétua e indispensável. Entretanto, o setor da construção civil apresenta significativa participação nas emissões de gases do efeito estufa (GEE), sendo responsável por 34% das emissões globais de GEE, das quais 11% estão relacionadas ao carbono incorporado. Nesse contexto, o presente artigo contribui com o mapeamento de GEE do Nordeste brasileiro por meio de inventário de emissões. A pesquisa foi desenvolvida a partir da coleta de dados das emissões de GEE com base no Protocolo Brasileiro GHG Protocol, por meio da plataforma WayCarbon, contabilizando o inventário dos canteiros de obras distribuídos em sete estados do nordeste brasileiro nos quais a empresa A atua. Após a análise dos anos de 2024, 2023 e 2022, evidenciou-se o material concreto como o maior emissor, destacando seu papel prioritário na definição de estratégias de descarbonização dos canteiros de obras do Nordeste brasileiro.

Palavras-chave: construção civil; emissões GEE; carbono incorporado.

Abstract

The civil construction sector provides the necessary infrastructure for human settlements, and it is a perpetual and indispensable activity. However, the sector has a significant share in greenhouse gas (GHG) emissions, being responsible for 34% of global emissions, of which 11% are related to embodied carbon. In this context, this paper contributes to GHG mapping in the Brazilian Northeast through a carbon emission inventory. The research was developed using GHG emission data collected based on the Brazilian GHG Protocol and through the WayCarbon platform. The data were collected from all the construction sites of Company A across seven states of the Brazilian Northeast. After analysis of 2024, 2023, and 2022 data, concrete was identified as the largest emission parameter. This highlights the priority role in defining decarbonization strategies at civil construction sites in the Brazilian Northeast.

Keywords: civil construction; GHG emissions; embodied carbon.

FARIAS, I. S.; BERTINI, A. A. Mapeamento de carbono incorporado dos materiais de construção utilizados no nordeste brasileiro com base em inventário de emissão de gases do efeito estufa [GEE]. ENTAC 2026. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8633

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil acompanha o setor econômico, sendo um forte indicativo da economia de uma nação. Além de contribuir para a transformação estrutural, apoiando os processos de crescimento social e de sustentabilidade. Proporcionando, ainda, a infraestrutura necessária aos agrupamentos humanos, se tornando uma atividade perpétua e indispensável [1] [2] [3].

Assim, é necessário compreender os impactos do setor ao meio ambiente em relação a um dos principais problemas contemporâneos, as emissões de gases do efeito estufa [GEE]. Esses gases absorvem a radiação infravermelha ou calor emanado da terra, e em demasia gera por consequência o efeito estufa, o aumento da temperatura da atmosfera do planeta Terra [4]. Uma das ações voltadas a este seara é a Corrida para o Zero, campanha global da Organização das Nações Unidas [ONU] com enfoque em não-estatais e iniciada em 2019 com intuito de reduzir as emissões de GEE pela metade até 2030 e a zero até 2050.

Tal problema se relaciona ao setor da construção civil devido ao setor ser um grande responsável pelas emissões de GEE, contabilizando 34% das emissões globais de GEE, das quais 11% é relacionado ao carbono incorporado [5] [6]. E, para realizar tal ação de redução de emissão de GEE, é necessário registrá-los e analisa-los. Com isso, observa-se o aumento no foco do estudo do carbono incorporado, que se refere ao carbono emitido nas fases de extração, processamento, manufatura e transposição dos materiais e componentes da edificação [7]. O mapeamento de carbono correto e preciso é essencial, e a sua realização fornece informações sobre o ciclo do carbono para formular estratégias efetivas para sua redução [8] [9].

Esse monitoramento e mapeamento das emissões de gases de efeito estufa na indústria da construção [10], especificamente a padronização do monitoramento das emissões e à sistematização dos dados de emissão são tratados como lacunas na bibliografia disponível. Pois, contabilizam-se estudos de monitoramento das emissões de carbono e pesquisas que focam em especificas fases do ciclo de vida, como construção, operação e demolição das edificações [11]. E, embora existam programas com esse intuito de uma abordagem sistemática e quantitativa, como GHG Protocol (Greenhouse Protocol) [12] [13], não há um programa universal de contabilização e reporte dos GEE.

Assim, o GHG Protocol é uma ferramenta relevante no cenário internacional, pois favorece a quantificação e gerenciamento dos dados referentes a emissão de gases do efeito estufa por meio da elaboração de inventário de emissões. Os inventários são calculados com base no carbono equivalente, tCO_2e, que é a unidade de medida utilizada para comparar a intensidade de emissão de um gás GEE à dióxido de carbono. Isto é, a cada tonelada de gás emitido será calculado com base em seu potencial de aquecimento global (PAG) o seu valor em gás carbônico.

Além da padronização da medida de emissão, o protocolo separa origens das emissões de gases GEE em três escopos. O escopo 01 das emissões diretas geradas e controladas

pela empresa, escopo 02 das emissões indiretas de energia da empresa e o escopo 03 das demais emissões indiretas da empresa em sua cadeia de valor [14].

Observa-se ainda a baixa contabilização de emissões de gases do efeito estufa. Em 2024, contabilizaram-se 29 empresas no setor da construção civil com relatório público de emissões [15], das quais, apenas 05 empresas são de capital aberto e possuem relatório publicados [16]. Entretanto, existe o registro de 165.833 empresas no setor da construção civil [17] no mesmo período elencado. Apesar do requerimento de empresas de capital aberto listado na bolsa de valores realizem publicação de relatório de sustentabilidade de forma a medir suas emissões de GEE com base nas diretrizes do International Sustainability Standards Board [ISSB], e de acordo com a Resolução nº 193/2023 da Comissão de Valores Mobiliários, CVM [18]. Nesse contexto, devido ao baixo número de publicações controladas, evidencia-se lacuna do mapeamento de emissões de gases do efeito estufa no setor da construção civil. Assim, objetiva-se contribuir com o mapeamento o carbono incorporado dos principais materiais da construção civil utilizados no Nordeste do Brasil, a partir da análise de inventário de emissões de gases do efeito estufa (GEE) de empresa atuante na região.

MÉTODO

A pesquisa desenvolveu-se como um estudo de campo descritivo, de abordagem quantitativa, por meio da coleta dos valores de emissões equivalentes de GEE. Em que realizou-se a catalogação das emissões associadas aos materiais de construção civil e a análise comparativa dos valores de emissão dos materiais.

A empresa doadora de informações é a empresa A listada na bolsa de valores brasileira e com presença no nordeste brasileiro em sete estados da região (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe). A empresa atua com obras de linha de baixo, médio e alto padrão, e em metodologias de sistema construtivo de concreto armado, de parede de concreto e de retrofit.

A contabilização de emissões de GEE foi realizada pela plataforma WayCarbon, que utiliza como referência metodológica o Protocolo Brasileiro GHG Protocol. Para fins deste estudo, foram consideradas as emissões reportadas no Escopo 3 relacionadas especificamente aos materiais de construção civil empregados nas obras, utilizadas como base para a análise do carbono incorporado aos empreendimentos analisados.

As informações são inseridas na plataforma pelos engenheiros mensalmente por cada obra para cada parâmetro, que além do valor adquirido (quilograma, litros, unidades), tem exposto evidências que comprovem aquele valor explicitado (notas fiscais, romaneios, planilhas). Com isso, as informações são conferidas por um analista que analisa as informações e valida a quantidade no sistema. Exemplificando o parâmetro de concreto consumido, a cada mês o engenheiro de cada obra submete por meio das notas fiscais de concreto o volume de concreto consumido em cada uma das obras. Com base nesses valores, a plataforma WayCarbon calcula a emissão de carbono em tonelada de carbono equivalente. É realizado o seguinte cálculo, quantidade do parâmetro × fator de conversão × fator de emissão × PAG. Em que, a quantidade do

parâmetro é disponibilizado pela obra por meio das evidências. O fator de conversão é a conversão da unidade de medida do parâmetro para a unidade referência de toneladas. O fator de emissão é a emissão de cada gás que o parâmetro contempla [dentro dos gases do efeito estufa]. E, potencial de aquecimento global (PAG) é a capacidade de absorção de uma tonelada de gás em um período especifico. Assim, o carbono equivalente do relatório de emissão de GEE é uma estimativa calculada para os gases do efeito estufa com base no gás carbônico em um determinado período.

Foram utilizados os inventários realizados pela empresa A na plataforma, que correspondem aos anos de 2024, 2023 e 2022. A quantidade de obras por ano e por tipologia é exposto na Tabela 1. Os dados foram analisados por meio de planilha eletrônica, em que se foi listado aos três anos do estudo todos os parâmetros submetidos e suas emissões de carbono equivalente.

Tabela 1: Quantidades de obras por ano – Empresa A

	2024	2023	2022
Obras totais	64	51	45
Obras de concreto armado	51	45	41
Obras de parede de concreto	7	2	0
Obras de retrofit	6	4	4

Fonte: o autor.

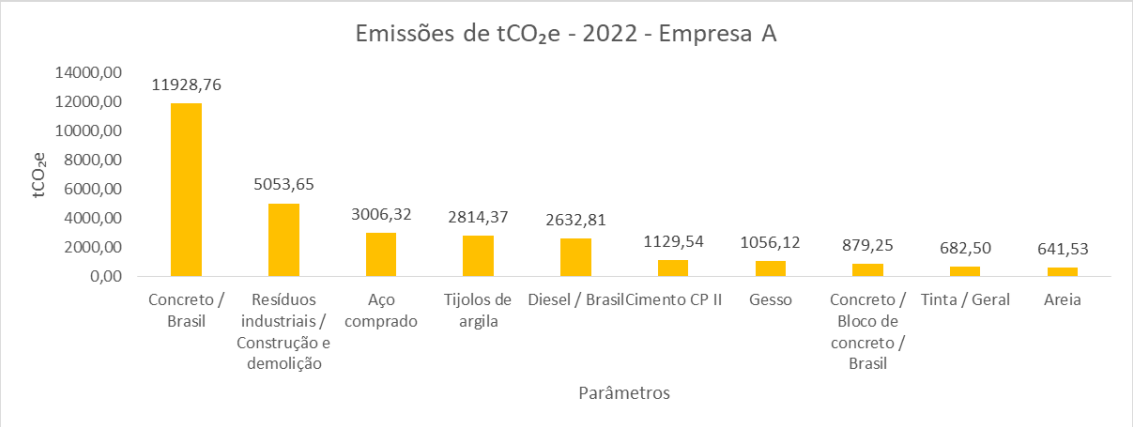
ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise do mapeamento de carbono incorporado realizada a partir dos dados de relatório de inventário de GEE pela plataforma WayCarbon da empresa A considerou o conjunto das obras analisadas e o comportamento das emissões associadas aos materiais de construção civil.

O valor do indicador varia ao longo dos anos, respectivamente para 2022, 2023 e 2024 com os valores de 0,19, 021 e 0,20 toneladas de carbono equivalente por metro quadrado. Não sendo possível evidenciar um comportamento definido ou tendência de comportamento com a amostra de três anos. Porém, é na mesma sequência anual foram contabilizados as seguintes metragens 170.650,00, 255.266,62 e 269.990,39 metros quadrados. Ou seja, há um aumento de metragem ao longo do registro histórico.

Em 2022, para o compilado do nordeste, composto na configuração de 45 obras em andamento, das quais 41 foram em concreto armado e 04 em retrofit, possui a maior emissão o parâmetro de concreto (Figura 01). A segunda maior emissão, como observa-se na figura 1, é de resíduos da construção, que equivalem aproximadamente 42% das emissões do concreto. Ao terceiro maior emissor, consta-se o parâmetro de aço que equivale a 25% aproximados da emissão de concreto. Ao cimento CP II evidencia-se como o sexto maior emissor com 09% aproximados das emissões de concreto.

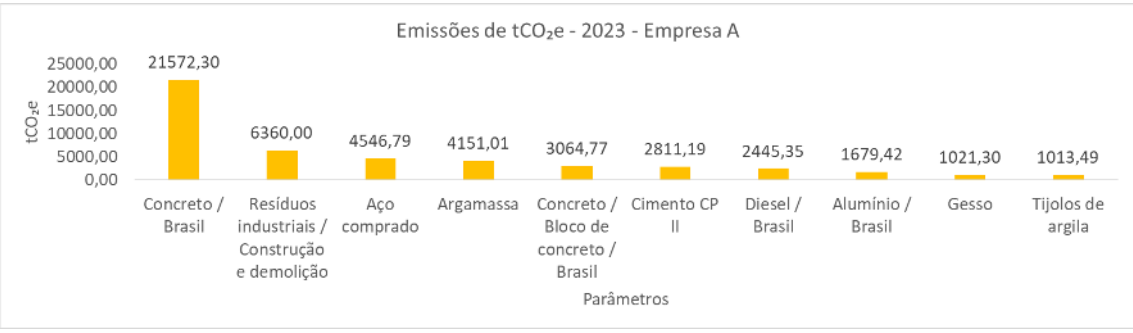
Figura 1: Emissões de tCO_2e do ano de 2022 da Empresa A



Fonte: o autor.

Em 2023, para o compilado do nordeste, composto na configuração de 51 obras em andamento, das quais 45 foram em concreto armado, 02 em parede de concreto e 04 em retrofit, possui a maior emissão o parâmetro de concreto (Figura 02). A segunda maior emissão é de resíduos da construção, evidenciado na figura 2, que equivalem aproximadamente 29% das emissões do concreto. Ao terceiro maior emissor, consta-se o parâmetro de aço que equivale a 21% aproximados da emissão de concreto. Ao cimento CP II evidencia-se como o sexto maior emissor com 13% aproximados das emissões de concreto.

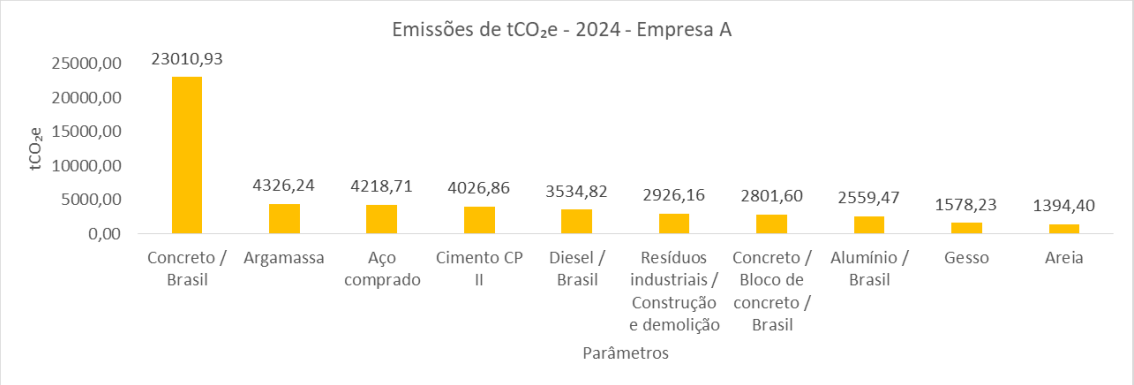
Figura 2: Emissões de tCO_2e do ano de 2023 da Empresa A



Fonte: o autor.

Em 2024, para o compilado do nordeste, composto na configuração de 64 obras em andamento, das quais 51 foram em concreto armado, 07 em parede de concreto e 06 em retrofit, possui a maior emissão o parâmetro de concreto, como observado na figura 03. A segunda maior emissão é de argamassa, que equivalem aproximadamente 19% das emissões do concreto. Ao terceiro maior emissor, consta-se o parâmetro de aço que equivale a 18% aproximados da emissão de concreto. Ao cimento CP II evidencia-se como o quarto maior emissor com 17% aproximados das emissões de concreto. Reforça-se ainda, que o parâmetro de cimento é segregado do parâmetro de concreto, tendo em vista que todo o concreto fornecido das amostras são de origem de concreteiras e o parâmetro de cimento é referente a quantidade em sacas que são adquiridos nos canteiros de obras. Aos resíduos da construção civil, registra-se como o sexto maior emissor com 13% aproximados das emissões de concreto.

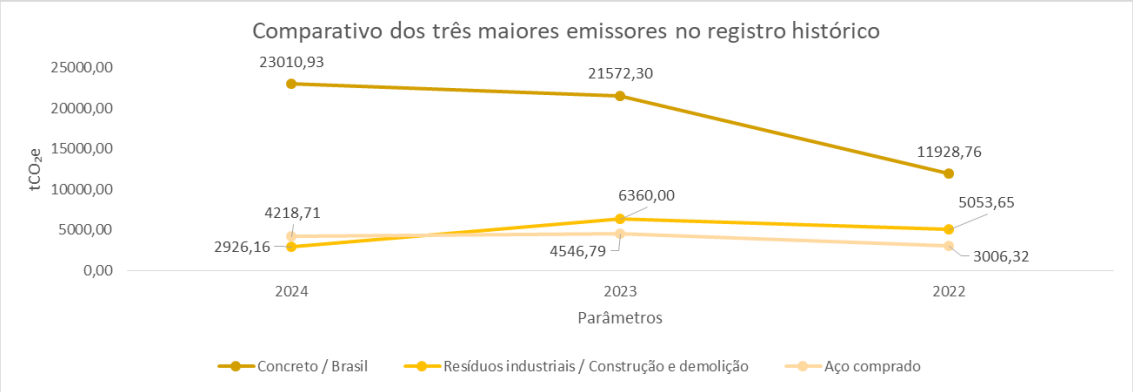
Figura 3: Emissões de tCO_2e do ano de 2024 da Empresa A



Fonte: o autor.

O histórico dos parâmetros da Empresa A consolida a emissão de concreto como o maior emissor de tCO_2e das sete praças analisadas, seguido por resíduos da construção e pelo aço comprado. Observa-se variabilidade de presença dos parâmetros no registro histórico atribuído a diferença de fases de obra – fundação, estrutura, acabamento e entrega – no compilado devido a quantidade de material ser diversificada em cada uma das fases. Verifica-se uma tendência entre os dez principais emissores ao longo do período analisado, ainda que observa-se uma modificação de posição entre eles. Apenas os parâmetros “concreto em bloco” e “tinta” não reprisam em mais de um ano da amostra, possivelmente relacionado as situações especificas das obras avaliadas. O parâmetro de concreto se destaca não apenas pela recorrência, mas também, por sua quantidade percentual totais em relação ao escopo 03. Respectivamente aos anos de 2022, 2023 e 2024 as emissões correspondem a 37,84%, 41,87% e 43,69%. A figura 04 abaixo, demostra a superioridade de emissão do elemento concreto em relação aos segundos maiores emissores.

Figura 4: Comparativo dos maiores emissores no registro histórico da empresa A



Fonte: o autor.

O concreto, por constituir o material de construção mais utilizado globalmente e apresentar elevado volume de aplicação, confirma-se como o principal contribuinte para as emissões de carbono incorporado, resultado alinhado às tendências observadas no cenário internacional. O material analisado possui confiabilidade por seguir metodologia de cálculo baseada em padrão internacional, associado a base de dados especifica ao Brasil. Embora, o efeito de especificação de cada obra no cenário macrorregional não ter sido avaliado, verifica-se a consolidação do concreto como maior emissor no ano de 2022, sem obras de parede de concreto na amostra. O que sinaliza que o volume do material é um dos fatores que causam impacto na emissão total. Em sequência, nos anos de 2023 e 2024, com amostras de obra de tal metodologia construtiva, em que há um aumento do volume de concreto, o número de emissões de concreto seguiu em uma crescente. Infere-se então o impacto da tecnologia construtiva nos maiores resultados de tCO_2e, devido ao aumento de volume. Relacionado ao espectro temporal, a avaliação do parâmetro de concreto na série histórica de três anos, possibilitou a inferência em relação as emissões de carbono e emprego do material.

CONCLUSÕES

A principal material emissor de carbono com base em dados de inventário de emissão de gases do efeito estufa é o material de concreto para a empresa A locada no nordeste brasileiro. Tal atribuição é embasada na análise de sessenta e quatro empreendimentos distribuídos em sete estados nordestinos, com diferentes tipologia de construção (concreto armado, parede de concreto e retrofit) e padrão das construções (baixo, médio e alto padrão). Com isso, realizou-se a contribuição em mapeamento carbono incorporado dos principais materiais da construção civil utilizados por uma empresa A locada no Nordeste do Brasil.

Com a conclusão do maior parâmetro emissor ser o parâmetro de concreto, o que reforça a tendência internacional do concreto ser um dos materiais de construção mais utilizados e ser um dos maiores emissores. E, além do material concreto evidenciado, os parâmetros de resíduo de materiais da construção e aço comprado completam a lista dos três materiais de maiores emissões dentro do escopo desta pesquisa.

Materiais estes de alto volume ao longo do período construtivo. Com isso, a compreensão de dados poderá ser utilizada para determinar ações das construtoras para mitigar suas emissões GEE. É uma possível aplicação a utilização de concreto de baixa emissão de GEE, tais materiais podem ser compostos por materiais cimentícios suplementares. E, ainda priorizar reciclagem e reutilização de seus resíduos como o uso da logística reversa de materiais, e a utilização de aços com baixa emissão de GEE.

A sugestão aos trabalhos futuros é de mapeamento de ações para descarbonização dos canteiros da construção civil.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará (PEC-UFC).

DECLARAÇÃO

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

REFERÊNCIAS

[1] MA, S *et al.* Coupling coordination degree spatiotemporal characteristics and driving factors between new urbanization and construction industry: evidence from China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 55, p. 117082–117095, mai. 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-023-27469-1

[2] ANAMAN, K.; OSEI-AMPONSAH, C. Analysis of the causality links between the growth of the construction industry and the growth of the macro-economy in Ghana. **Construction Management and Economics,** v. 25, n. 9, p. 951–961, set. 2007. DOI: https://doi.org/10.1080/01446190701411208

[3] JINYAN, H *et al*. An international comparison of the association between construction industry development and urbanization. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 76, p. 195-208, fev., 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.strueco.2025.12.009

[4] AMOO, M *et al*. (Ed.) **Applications of heat, mass and fluid boundary layers**. 1.ed. Sawston: Woodhead Publishing, 2020.

[5] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Global Status Report for Buildings and Construction 2024-2025: Not just another brick in the wall**. 2024.

[6] ZHENG, X *et al.* Mapping lifecycle building material embodied carbon emissions for Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. **Sustainable Cities and Society**, v. 119, 106058, fev. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.106058

[7] HONG, J *et al.* Greenhouse gas emissions during the construction phase of a building: a case study in China. **Journal of Cleaner Production,** v. 103, p. 249–259, set. 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.023

[8] ZHENG, X *et al.* Mapping lifecycle building material embodied carbon emissions for Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. **Sustainable Cities and Society**, v. 119, 106058, fev. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.106058

[9] TIGANI, D *et al.* Measuring embodied carbon of buildings: a review of methodologies and benchmarking towards net zero. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,** v. 1363, 2024. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/1363/1/012030

[10] ZHAO, Y *et al.* Managing carbon emissions in construction: current status and emerging trends. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 211, abr. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115237

[11] PRÄGER, L *et al.* LCA-based calculation of GHG Protocol Scope 3: a bottom-up approach to determine GHG emissions of the construction activity of municipalities. **Building and Environment,** v. 285, nov. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113502

[12] GIBASSIER, D.; SCHALTEGGER, S.. Carbon management accounting and reporting in practice: a case study on converging emergent approaches. **Sustainability Accounting, Management and Policy Journal,** v. 6, n. 3, p. 340–365, set. 2015. DOI: https://doi.org/10.1108/SAMPJ-02-2015-0014

[13] SHARAF-ADDIN, H.; AL-DHUBAIBI, A. Carbon sustainability reporting based on GHG Protocol framework: a Malaysian practice towards net-zero carbon emissions. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 25, 100588, fev. 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100588

[14] DRAGOMIR, V. D. The disclosure of industrial greenhouse gas emissions: a critical assessment of corporate sustainability reports**. Journal of Cleaner Production**, v. 29–30, p. 222–237, jul. 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.01.024

[15] FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Registro Público de Emissões: inventários por setor.** São Paulo: FGVces, [s.d.]. Disponível em: https://registropublicodeemissoes.fgv.br/estatistica/inventario-por-setor. Acesso em: 25 abril 2026

[16] B3 S.A. – BRASIL, BOLSA, BALCÃO. **Empresas listadas**. São Paulo: B3, [s.d.]. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/empresas-listadas.htm. Acesso em: 25 abril 2026.

[17] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa anual da indústria da construção 2025 (PAIC 2025).** 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html. Acesso em: 25 abril 2026.

[18] COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS (CVM). **Resolução CVM nº 193, de 20 de outubro de 2023. Dispõe sobre a divulgação de informações financeiras relacionadas à sustentabilidade**. 2023. Disponível em: https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol193.html. Acesso em: 25 abri 2026.