

INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE CARBONO EM PROJETOS DE EDIFICAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO NA BAHIA

ANGELA MÁRCIA DE ANDRADE SILVA

JOSÉ CÉLIO SILVEIRA ANDRADE

ISABELLE BARBOSA DE BRITO
FACULDADE DE ARQUITETURA DA UFBA

Resumo

Este projeto de pesquisa tem como objetivo geral elaborar inventário de emissão de GEE de projetos de edificações urbanas no estado da Bahia, produzindo conhecimentos para subsidiar a tomada de decisão por parte dos empreendedores e agentes públicos no que se refere as estratégias de mitigação e/ou compensação das mudanças climáticas no setor da construção civil. Foram empregadas as seguintes técnicas metodológicas: pesquisas bibliográfica e documental, estudo de caso em projeto/empreendimento denominado “Porto Privilege” localizado em Salvador.

Palavras Chave

Inventário de Emissões de Carbono, Mitigação, Projetos Edificações Urbanas

INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE CARBONO EM PROJETOS DE EDIFICAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO NA BAHIA

RESUMO

Este projeto de pesquisa tem como objetivo geral elaborar inventário de emissão de GEE de projetos de edificações urbanas no estado da Bahia, produzindo conhecimentos relevantes para subsidiar a tomada de decisão por parte dos empreendedores e agentes públicos no que se refere as estratégias de mitigação e/ou compensação das mudanças climáticas no setor da construção civil. Além disto, como iniciativa pioneira de inventário de emissões em canteiro de obras em Salvador, objetiva também motivar empresas para ações similares, podendo assim serem desenvolvidos indicadores para o setor. Foram empregadas as seguintes técnicas metodológicas: pesquisas bibliográfica e documental, estudo de caso em projeto/empreendimento denominado “Porto Privilege” localizado em Salvador. Os resultados demonstraram na primeira edição do inventário, que as emissões totais de carbono do projeto do empreendimento (1.134,7 tCO₂e) refere-se ao consumo de aço, concreto, esquadrias de alumínio, argamassa e blocos de concreto (80% das emissões totais). A energia incorporada em todos as matérias primas, materiais e insumos utilizados na obra (12.906,9 GJ) seria capaz de abastecer anualmente 415 casas de famílias médias brasileiras com 4 pessoas, durante um ano. Assim a avaliação do partido estrutural das edificações, a eficiência do processo construtivo permitindo a redução de perdas no aço, concreto e também nas argamassas, ou possíveis substituições das esquadrias de alumínio e dos blocos de concreto, por outros materiais alternativos, por exemplo, podem ser estudadas para avaliar redução das emissões de carbono de edificações. Para possíveis ações de compensação, tem-se que as emissões totais do empreendimento equivalem ao conteúdo de carbono armazenado em 7.943 árvores típicas da Mata Atlântica.

PALAVRAS-CHAVE: Inventário de Emissões de Carbono, Mitigação, Compensação, Projetos Edificações Urbanas, Canteiro de Obras, Bahia.

1) INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é responsável por grande utilização dos recursos naturais, consumo de água e energia, geração de resíduos sólidos e significativa emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). A indústria da construção civil utiliza entre 40 e 50% dos recursos naturais no Brasil, gera 25% dos resíduos sólidos, consome 25% da água, ocupa 12% das terras e representa, aproximadamente, um terço das emissões mundiais, no tocante à energia (UNEP, 2012; Benite, 2011).

No Brasil, as emissões nacionais brutas de GEE em 2020 representaram 2,16 GtCO₂e, contra 1,97 GtCO₂e em 2019. Em 2021, durante a COP26, Conferência do Clima das Nações Unidas (ONU), realizada em Glasgow-Escócia, o governo brasileiro revisou as metas apresentadas anteriormente em 2015 na COP 21 em Paris-França, através do documento intitulado Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) e apresentou uma nova meta de redução de 50% das emissões de GEE até 2030 e a neutralização das emissões de carbono até 2050 (CNN, 2022).

Considerando as emissões por atividade econômica, observa-se um crescimento ao longo dos anos, da atividade “Comercial, Residencial e Setor Público”, do qual o segmento de

edificações faz parte. Essa atividade econômica é a quarta que mais contribuiu para as emissões totais do Brasil, atrás da agropecuária, transporte e indústria (SEEG, 2021).

O Decreto Federal 11.075/22, de 19 de maio de 2022, estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas e institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa, criando bases para um futuro mercado de carbono regulado no país. Trata-se de um passo importante para a precificação e, alinhado com instrumentos anteriores, estipula os setores aptos para apresentarem metas de redução de emissões de GEE de forma mensurável e verificável. Entre esses, tem-se a indústria da construção civil (BRASIL, 2022). Necessário, portanto, a construção de indicadores de intensidade de carbono para o setor e estratégias/planos de redução das emissões de GEE para as edificações.

Convém salientar que, no Brasil, apenas 18 organizações desse setor já publicaram seus inventários de GEE e a grande maioria está localizada na região sudeste: 16 empresas. Já na Bahia, até o momento, nenhuma empresa do setor da construção civil publicou seu inventário de GEE, apesar do estado ter instituído desde 2011, a Política Estadual sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.050/2011), a qual estabelece objetivos, princípios, diretrizes e instrumentos que visam o enfrentamento aos efeitos da mudança do clima no âmbito estadual. O estado publicou em 2022, o seu Inventário de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (GEE), tendo como referência os anos de 2017, 2018 e 2019.

Esse inventário traz o diagnóstico das emissões de GEE do estado e permite a compreensão do perfil de emissões e a abrangência de seu impacto no meio ambiente, identificando suas principais fontes. Esse inventário contribui para o desenvolvimento de estratégias que levem a redução das emissões de GEE e medidas de adaptação aos impactos das alterações do clima no território baiano (GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA, 2022).

Em 2020, a cidade de Salvador lançou seu Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima (PMAMC), que tem como meta para ser carbono zero até 2049. Para a elaboração do referido plano, formulou-se uma estratégia de resiliência para a cidade de Salvador, intitulada “Salvador Resiliente”, atualizou-se o inventário de emissões de GEE de Salvador, em conformidade com a metodologia do *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories* (GPC) e fez-se uma avaliação dos riscos climáticos da cidade (PMS, 2019; 2020a).

A sinergia entre a indústria da construção civil com a estratégia de resiliência da cidade “Salvador Resiliente” foi estudada por Prado et al (2022) que apontou a falta de um vínculo direto entre as ações em prol do aumento da resiliência do ambiente construído, propostas pelas políticas públicas municipais e as políticas empresariais da indústria da construção local.

Cita-se, por exemplo, o papel dos empreendimentos imobiliários em prol da resiliência urbana na cidade de Salvador, que é evidenciado, na ação de incentivo fiscal a certificação pelo IPTU Verde. Essa política pública visa estimular o setor da construção civil a incorporar nas edificações urbanas e seus entornos requisitos voltados tanto para a adaptação quanto para a mitigação (PMS, 2015). Estudos mostram que apesar de ter sido regulamentado desde 2015, não houve adesão significativa do IPTU Verde por parte do mercado imobiliário soteropolitano. Até agosto de 2021, existiam apenas 8

empreendimentos certificados. Evidenciando-se assim, a necessidade de se criar ou revisar políticas públicas e empresariais vinculadas a indústria da construção civil, tendo como base o conceito de resiliência urbana, visando o engajamento de stakeholders importantes, como o mercado imobiliário, na construção de uma cidade mais resiliente (SILVA; ANDRADE, 2022)

Observando-se, comparativamente, as emissões de GEE das edificações na Bahia e em Salvador, tem-se que as edificações contribuíram em 2018 com quase 20% de toda a emissão de GEE em Salvador e aproximadamente 2% das emissões do estado da Bahia. A representatividade da indústria da construção na Bahia é evidenciada em dados. A Bahia responde por 5% do PIB da construção nacional e é o maior setor da construção civil no Nordeste – 30% da construção da região está no estado. São quase 134 mil trabalhadores com carteira assinada, sendo mais de 49 mil em Salvador. Avaliando-se a geração de emprego, tem-se um total aproximado de 1,8 milhão de trabalhadores com carteira assinada em todas as atividades na Bahia, sendo 7% na construção civil. Em 2021, o PIB da construção na Bahia cresceu 3,7%. Ressaltando a importância dessa indústria, destaca-se que o estado foi o segundo com maior geração de novas vagas na construção no primeiro bimestre de 2022 no país. Outro dado é a capacidade de operação das empresas de construção da Bahia (81%), que superam os resultados do Nordeste (70%) e do Brasil (68%). (CBIC, 2022)

Apesar dessa representatividade, de forma geral no estado, os regulamentos que disciplinam as construções ainda não contemplam avaliações sobre emissões de GEE, deixando-o à margem da legislação urbanística. Os projetos das edificações continuam a ser desenvolvidos e construídos sem utilizar metodologias de contabilização das emissões de GEE. Assim, urge estudos que: i) prospectem metodologias/ferramentas de contabilização de carbono para as edificações urbanas; ii) avaliem medidas de redução das emissões de GEE que favoreçam a elaboração de projetos de edificações menos intensivos em carbono, tais como: especificações de materiais que resultem em menor impacto ambiental ao longo do seu ciclo de vida, escolha de fornecedores mais próximos das obras, etc.; iii) analisem atributos que possam ser inseridos nas edificações urbanas em prol da adaptabilidade dessas construções aos cenários das mudanças climáticas; e iv) subsidiem políticas e planos de mitigação e adaptação as mudanças climáticas voltadas para o ambiente urbano.

Isto posto, e partindo-se da premissa que o ambiente construído impacta e é impactado pelas mudanças climáticas, tem-se como problema de pesquisa a seguinte indagação: quais as principais fontes de emissão de GEE e consumo energético de projetos de edificações urbanas no estado da Bahia? Assim, esta pesquisa tem como objetivo geral elaborar inventário de emissão de GEE de projetos de edificações urbanas no estado da Bahia, produzindo conhecimentos relevantes para subsidiar a tomada de decisão por parte dos empreendedores e agentes públicos no que se refere as estratégias de mitigação e/ou compensação das mudanças climáticas no setor da construção civil.

Logo, espera-se que essa pesquisa possa contribuir para estimular o mercado imobiliário baiano em direção à produção de edificações ambientalmente mais corretas, fazendo com que o estado da Bahia avance na implementação da agenda climática, e reforce o seu compromisso como governo subnacional no cumprimento das metas definidas em 2015, através da NDC brasileira no Acordo de Paris e revisadas em 2021.

2.1 - INVENTÁRIOS DE EMISSÕES DE GEE E O PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL

A gestão e reporte das emissões de carbono pelas organizações ainda é pouco pesquisada no Brasil, apesar da sua crescente relevância devido a pressões regulatórias, sociais, ambientais e de mercado. Burritt, Schaltegger e Zvezdov (2011) afirmam que o papel da contabilidade de carbono, mediante a realização de inventários de emissões de GEE, é fornecer aos gestores das organizações e à sociedade informações que irão ajudar na tomada de decisões sobre ações de redução das emissões de carbono.

O inventário de emissões de GEE é uma ferramenta da contabilidade de carbono usada em todo o mundo por governos e instituições públicas e privadas para a quantificação das emissões de GEE. O inventário de GEE permite identificar as fontes de emissões. Ele retrata o cenário atual ou de um período chamado de linha de base, com o objetivo de obter dados confiáveis para elaborar planos de mitigação e/ou redução de emissões (CRUZ e D'AVILA, 2013).

O inventário considera as emissões de GEE decorrentes das operações, produtos e serviços de uma organização, para que sejam feitos planos de reduções de emissões ou ações de compensação. Muitas organizações estão inserindo o inventário de GEE em seu processo de gestão, pois além de mitigar e/ou neutralizar seus impactos ambientais e agregar valor a sua imagem, já estão se preparando para legislações cada vez mais restritivas com relação às mudanças climáticas (HALL & LEE, 2022).

Um dos métodos mais utilizados mundialmente para o desenvolvimento de inventários de emissões de GEE é o GHG Protocol. Assim, o Programa Brasileiro GHG Protocol é uma iniciativa implementada pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas (FGV) e pelo World Resources Institute (WRI), com apoio do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (GHG Protocol Brasil, 2022).

Essa iniciativa fornece diretrizes para a elaboração de inventários de emissões de GEE por diferentes organizações. Os GEEs contabilizados são os mesmos do Protocolo de Quioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs).

O método é compatível com os padrões ISO e as metodologias do IPCC e considera três escopos para contabilização de emissões:

- a) Escopo 1 - emissões diretas, de fontes próprias ou controladas pela organização; esse escopo engloba as emissões lançadas à atmosfera que vêm diretamente dos processos das organizações. Dentro dessa classificação, estão, por exemplo, os GEEs produzidos a partir da queima de combustíveis e fontes de geração de energia.
- b) Escopo 2 - emissões indiretas, provenientes do consumo de energia;

Assim, nesse escopo são contabilizadas as emissões indiretas da geração de energia que é comprada de fornecedores, por exemplo, as concessionárias de energia elétrica. Em

outras palavras, são todas as emissões de GEE liberadas na atmosfera a partir do consumo de eletricidade, vapor, calor e resfriamento adquiridos.

c) Escopo 3 - emissões indiretas de GEE, cujo relato é visto como opcional, decorrentes das atividades da organização, mas que provêm de fontes que não pertencem ou não são controladas pela mesma. Esse escopo engloba portanto as emissões de GEE pelas quais a organização é indiretamente responsável, tanto a montante como a jusante da sua cadeia de valor. Não há padronização dos limites operacionais reportados no escopo 3, cabendo às organizações a escolha de quais fontes contabilizar.

A Figura 01 mostra a evolução da publicação de inventários de GEE pelo Programa Brasileiro GHG Protocol:

Figura 01 Número de inventários publicados pelo Programa Brasileiro GHG Protocol



Fonte: Elaborado pelos autores, com base no GHG Protocol Brasil (2022)

Conforme mostrado na Figura 01, em 2008, no primeiro ano de implantação do Programa Brasileiro GHG Protocol, foi publicado 23 inventários de emissão de GEE e ainda não havia publicações de empresas do setor de construção civil. Esse setor só começa a reportar suas emissões em 2010, com 2 inventários, representando apenas 2,6% dos inventários publicados no Brasil. Em 2014, dos 135 inventários publicados, apenas 7 (5,2%) era ligado ao setor da construção civil e em 2021, dos 305 inventários reportados apenas 11 (3,6%) era do referido setor.

Detalhando mais os números do setor de construção civil, tem-se que no Brasil, desde 2010, apenas 18 organizações desse setor já publicaram seus inventários de GEE. São Paulo lidera o ranking com 10 empresas, seguido por Minas Gerais (03), Rio de Janeiro (03), Ceará (01) e Mato Grosso (01). Na Bahia não existe registro público de inventário de emissões de GEE feita por alguma empresa de construção civil. Dentre essas 18 empresas, apenas 1 empresa publicou seus inventários de emissões de GEE em todo o período (2010-2021) e 7 empresas deixaram de publicar seus inventários ao longo dos anos, mostrando uma descontinuidade no reporte dos inventários pelo setor. Assim, dos 11 inventários publicados pelo setor em 2021 (ver Figura 01), 05 deles foram reportados por empresas consideradas “novas entrantes”, isto é, empresas que publicaram seus primeiros inventários somente em 2021 (GHG PROTOCOL BRASIL, 2022).

2.2 – INICIATIVA BRASILEIRA PARA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE PELAS EDIFICAÇÕES: A PLATAFORMA CECARBON

Segundo Bessa (2010), as principais fontes de emissão de GEE na construção civil são oriundas dos processos industriais e do consumo da energia durante a operação predial, disposição final dos resíduos e no transporte de materiais. Assim, buscando a redução das emissões deste setor, faz-se necessário inventariar as emissões da fase de produção das

edificações, quantificar e buscar ações de redução destas emissões e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas. Esta elaboração de inventários de emissões de GEE pode ser considerada como o primeiro passo para planejar reduções (IBRAHIM et al., 2012).

Complementarmente às medidas de mitigação que possam ser adotadas pela indústria da construção civil, Lamberts et al (2007) sugerem a adoção de novos paradigmas de projetos, nos quais as soluções são avaliadas considerando as fases de operação, uso, manutenção e desconstrução/demolição das edificações e não apenas seus custos de construção, utilização de materiais que resultem em menor impacto ambiental ao longo do seu ciclo de vida e reutilização ou reciclagem de resíduos industriais e agrícolas pela construção civil, incluindo os próprios resíduos produzidos na construção.

Maciel et al (2018) inventariaram em 2014 as emissões de carbono provenientes da construção do Centro Universitário de Maringá e chegaram a um indicador de emissão por metro quadrado de área construída de 82,56 kgCO₂/m². No entanto, foram considerados nessa contabilidade apenas o consumo de combustível usado na obra, em fontes fixas e moveis (escopo 1); aquisição de energia elétrica (escopo 2) e os fretes dos materiais e insumos até o canteiro de obra (escopo 3). Assim, não foram calculadas as emissões referentes ao consumo de materiais e insumos, e nem a energia incorporada para a produção dos mesmos. Os autores destacam a necessidade de aquisição de insumos e materiais em fornecedores próximos ao local da obra. Além disto, sugere a compensação das emissões não evitadas.

Cuidados ambientais e no desempenho da edificação são observados nas prescrições dos selos ambientais específicos para prédios como o Leed (GBC BRASIL, 2022) e Aqua-hqe (VANZOLINI, 2022) A adoção de selos, além do cumprimento da norma de desempenho poderá segundo Silva et al (2014), “criar um ambiente técnico mais definido, estabelecendo mais claramente o papel de todos os agentes envolvidos”. Ressaltam os autores a complexidade do processo desde as demandas com o projeto, o processo produtivo e a cadeia de fornecedores.

Buscando atender a especificidade no tocante ao inventario de emissões de carbono em projeto de edificações, o SindusCon-SP – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo, por meio do seu Comitê de Meio Ambiente (Comasp) e a GIZ – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, desenvolveram uma plataforma denominada CECarbon - Calculadora de Consumo Energético e Emissões de Carbono na Construção Civil (<https://www.cecarbon.com.br/>), para avaliar as emissões de GEE e consumo energético das edificações na fase de construção. A CECarbon estimula, portanto, ações voltadas para redução das emissões de GEE desde as fases iniciais do empreendimento. Os dados de entrada referem-se aos materiais de cada etapa construtiva, além de insumos complementares como tipo e consumo de combustíveis utilizados nos fretes. Os fatores de emissão consideram o ciclo de vida dos insumos da obra desde a produção até o uso na obra. Essa ferramenta visa contribuir com a gestão climática e energética, através da criação de indicadores de intensidade de carbono para o setor (CECARBON, 2022). A CECarbon venceu o Prêmio CBIC de Inovação e Sustentabilidade, na categoria Gestão da Produção e P&D (24ª edição) em 7 de dezembro de 2022. (SINDUSCON-SP, 2022)

A plataforma CECarbon surgiu da necessidade de disponibilizar ao segmento da construção civil uma ferramenta que, conforme mostrado na Figura 02, tem como o objetivo mensurar dois parâmetros específicos: a) Emissões de gases de efeito estufa, incluindo aquelas embutidas nos ciclos produtivos dos materiais; b) Consumo energético ou energia embutida. Além de auxiliar na tomada de decisão para as fases de projeto e construção de empreendimentos. Por essa razão, na delimitação das fronteiras do ciclo de vida da CECarbon, optou-se pelas etapas “do berço a entrega da obra”. Ou seja, não são considerados resultados de emissões e consumo energético para as fases de uso, fim de vida e além do ciclo de vida.

Figura 02: Parâmetros mensurados e Fronteiras do Ciclo de Vida da CeCarbon



Fonte: CeCarbon (2020)

Assim, a CECarbon permite até três edições: a) edição inicial na qual é possível inserir os dados de projeto, ou seja, anteriormente ao início efetivo da obra/construção. A finalidade dessa primeira edição é antecipar resultados e indicadores e oferecer um diagnóstico preliminar para tomada de decisões; b) edição intermediária, na qual é possível informar alterações de projeto ou substituições de materiais no decorrer da obra. Aqui, busca-se oferecer um comparativo, capaz de mostrar variações nos resultados, antes da consolidação da obra; c) edição final que se refere aos resultados consolidados após a entrega da obra. Nessa edição são apresentados os indicadores para reporte do inventário de emissões de carbono.

Já o cálculo das emissões totais de GEE para a realização dos inventários dos empreendimentos/obra é feito através da equação mostrada na Figura 04.

Figura 04 Equação para cálculo das emissões totais de GEE

$$ET = \sum_{i=1}^n DA_i \cdot FE_{GEEi} \cdot GWP_{GEE}$$

Fonte: CECarbon (2022)

Onde ET refere-se as emissões totais de GEE, DA aos dados de atividade ou fontes de emissão de GEE e FE refere-se aos fatores de emissão de GEE e GWP - “*Global Warming Potential*”, ou, em português, "Potencial de Aquecimento Global", diz respeito a quanto uma determinada massa de um GEE é capaz de reter calor na atmosfera, em comparação a mesma massa de gás equivalente ao CO₂.

Os resultados da contabilização das emissões de carbono e consumo energético pela CECarbon podem ser expressos tanto pelos escopos (1, 2 e 3) do GHG Protocol, quanto pelas 4 categorias inventariadas pela plataforma: “bens e serviços comprados”, “combustão móvel”, “combustão estacionária” e “energia adquirida”. Esses resultados também podem ser relatados de acordo com 10 etapas construtivas do projeto/empreendimento (Serviços Preliminares; Fundações; Estrutura; Vedações; Revestimentos; Esquadrias e Vidros; Pintura; Cobertura; Pavimentação e Infraestrutura; Instalações Prediais) ou pelas diversas fontes individuais de emissão e consumo de energia.

3) METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados para a realização deste estudo foram divididos em 03 fases. Na primeira fase foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre a temática nas principais bases de dados acadêmicas nacionais e internacionais (SciELO, Web of Sciences, Scopus etc) sobre estratégias, metodologias e boas práticas do setor de construção civil para contabilizar as emissões de GEE geradas pelos projetos de edificações e medidas de redução dessas emissões.

Na segunda fase foi realizada análise documental sobre estudos e legislações que promova o inventário de emissões de GEE em projetos de edificações urbanas e políticas públicas existentes vinculadas ao ambiente construído urbano. Além desses, foram analisados documentos referentes ao projeto de edificação/empreendimento selecionado para ser o estudo de caso na terceira fase da pesquisa: especificações técnicas ou memorial descritivo, relação de insumos totais da obra, relação de insumos por etapa da obra, planos de desconstrução/demolição etc.

Assim, a terceira fase da pesquisa consistiu na realização de um estudo de caso em projeto de edificação urbana localizado em Salvador denominado “Porto Privilege”. Essa etapa envolveu a utilização da primeira edição da plataforma CeCarbon, que vem sendo testada em pesquisas exploratórias realizadas pelo grupo de pesquisa cadastrado no CNPq intitulado “Governança para Sustentabilidade e Gestão de Baixo Carbono - GpS” (<https://www.gps-pesquisa.com.br/>), para a realização do inventário de emissões de GEE e consumo energético do projeto do empreendimento “Porto Privilege” visando realizar um diagnóstico preliminar para subsidiar a tomada de decisão dos empreendedores.

Para tal, foram coletados, junto aos responsáveis pelo projeto/obra, dados operacionais referentes as etapas construtivas do projeto/empreendimento, dentre outras: consumo de materiais e insumos e seus respectivos fretes, uso de combustíveis, seja para fins de combustão estacionária ou móvel, etc. Analisou-se para isto, relatórios de consumo total de insumos e materiais e também por cada uma das etapas construtivas, planilhas orçamentárias, além dos informes de fornecedores sobre quantidade de viagens até o

canteiro de obra para cada um dos insumos e matérias primas. As distâncias percorridas por esses transportes foram obtidas no Google Maps.

4) RESULTADOS

4.1 Perfil do Empreendimento

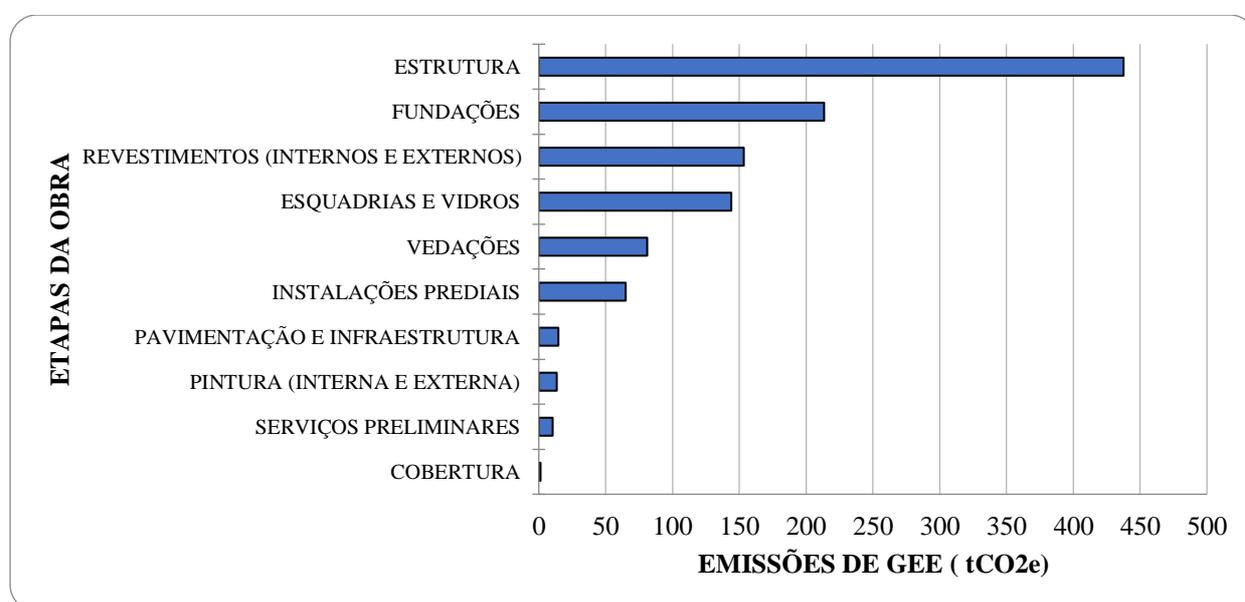
Empreendimento privado de alto padrão residencial denominado “Porto Privilege” localizado no bairro da Barra em Salvador-Bahia, em um terreno de 722 m² e área total a construir de 5066,5 m². Trata-se de uma incorporação em consórcio, formado pela Carozo Desenvolvimento Imobiliário e APS Engenharia Estratégica e Giro. Conta com um bloco arquitetônico composto por 106 unidades (40 quarto e sala com 28,76m²; 64 estúdios com 19,55m² e 02 lofts com 42 e 55m²) distribuídas em 14 pavimentos. A obra iniciou-se em maio de 2022 e em junho 2023, encontrava-se 25% concluída e com previsão de entrega para 2024 (CAROZO, 2023).

4.2 Emissões de Carbono e Consumo Energético

Os resultados obtidos na primeira edição demonstraram que as emissões totais de carbono do projeto do empreendimento equivalem a 1.134,7 tCO₂e e a energia incorporada em todas as matérias primas, materiais e insumos utilizados na obra corresponde a 12.906,9 GJ. Como já era previsto, a categoria do GHG Protocol denominada “bens e serviços comprados” é responsável por 97,4% das emissões totais da obra e 95,8% do consumo energético total da obra. Já as categorias “combustões estacionária e móvel” e “energia adquirida” são pouco significantes tanto para as emissões totais quanto para o consumo energético da obra. Assim, grande parte das emissões de carbono da obra são indiretas e portanto classificadas no escopo 3, de acordo com a metodologia do GHG Protocol.

Além desses resultados totais, os gráficos 1 e 2 a seguir apresentam os resultados detalhados pelas 10 principais etapas da obra e pelas 05 principais fontes individuais de emissão da obra.

Gráfico 1 – Emissões pelas principais etapas da obra

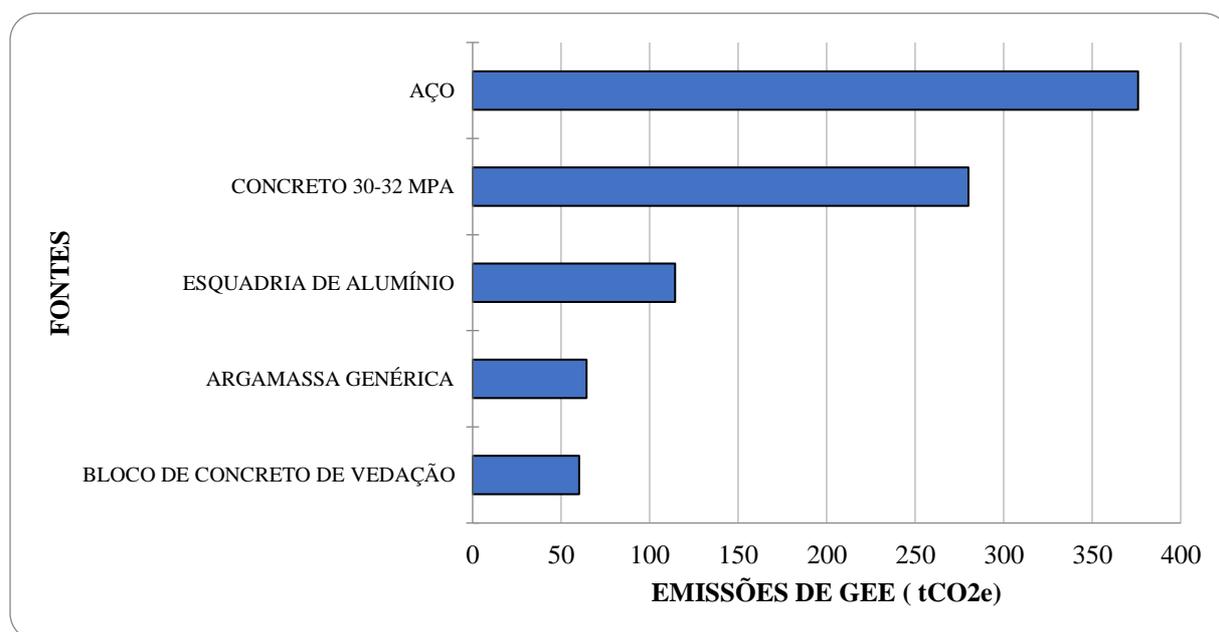


Fonte: Elaboração própria

Observa-se no Gráfico 1 que 5/10 etapas respondem por 90,7% das emissões totais da obra. São elas: estrutura, fundações, revestimentos (interno e externo), esquadrias/vidro e vedações. Os fretes dos materiais em todas as 10 etapas construtivas da obra são responsáveis pela emissão de 18,21tCO₂e, com maior representatividade nas etapas de instalações prediais, revestimentos (interno e externo) e esquadrias/vidro.

As 05 principais fontes individuais de emissão responsáveis por esse ranking são apresentadas no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Emissões pelas 05 principais fontes de emissão da obra



Fonte: Elaboração própria

Confrontando os gráficos 1 e 2, constata-se, por exemplo, que as esquadrias de alumínio são responsáveis por 79,4% das emissões da etapa esquadrias e vidros. Observa-se pelo gráfico 2 que no Porto Privilege, apenas as 03 maiores fontes individuais de emissão (aço, concreto 30-32 Mpa e esquadrias de alumínio) representam 67,9% das emissões totais do projeto. Se acrescentarmos, o consumo previsto de argamassa genérica e blocos de concreto de vedação, esse percentual sobe para 79%.

Assim, a maior parte das emissões do projeto é proveniente da demanda de apenas 05 insumos. Logo, o principal foco para ações de redução de emissão da obra deve se concentrar no consumo desses insumos. O uso racional desses insumos no processo construtivo, análise do partido estrutural, logística de distribuição de insumos para redução de desperdícios, por exemplo, são algumas estratégias que poderão contribuir, assim como possíveis substituições desses insumos por materiais alternativos, para redução da pegada de carbono da obra.

Convém ressaltar que essas emissões foram levantadas com base no planejamento do empreendimento, ora em execução e que algumas ações de redução das emissões já foram incorporadas a obra, tais como: planejamento do processo de desconstrução do imóvel situado no terreno da obra visando o reaproveitamento de materiais; substituição de fornecedores de materiais buscando maior proximidade com o canteiro de obras e diminuição do número e da

quilometragem de viagens; racionalização da execução das alvenarias, com redução de espessura de argamassa e ausência de “rasgos” nas paredes para passagem de tubulações e eletrodutos. Assim, ao final da construção, o inventário será refeito, utilizando-se a terceira edição da CECarbon e os consumos reais de materiais/insumos e energia da obra, para efeito de comparação com os resultados encontrados a partir das estimativas da etapa de projeto.

5) CONSIDERACOES FINAIS

O inventário de emissões de GEE do projeto de edificação urbana em Salvador-BA (Ed. Porto Privilege) foi realizado através da plataforma CECarbon - Calculadora de Consumo Energético e Emissões de Carbono para Edificações. A ferramenta calcula as emissões de gases de efeito estufa (GEE), em tCO₂e e os consumos energéticos (ou energias incorporadas ou embutidas nos materiais) em GJ, considerando os principais insumos considerados pelo projeto de edificação.

Conforme visto no item anterior, os resultados demonstraram que as emissões totais de carbono do projeto do empreendimento é 1.134,7 tCO₂e de carbono ou 0,224 tCO₂e/m² sendo as cinco maiores fontes de emissão o consumo de aço, concreto, esquadrias de alumínio, argamassa e blocos de concreto. Esses 5 materiais contribuem com quase 80% das emissões de carbono do projeto, sendo que os três primeiros (aço, concreto e alumínio) representa 68% das emissões. Observou-se que as cinco etapas com maiores emissões (representando 90,71%) são estrutura, fundações, revestimentos (interno e externo) e esquadrias e vidros e vedações, respectivamente. As esquadrias de alumínio, por exemplo, são as responsáveis por 79,4% das emissões da etapa esquadrias e vidros. Quanto ao consumo energético total, os resultados mostraram que a energia incorporada em todos as matérias primas e insumos utilizados na obra (12.906,9 GJ ou 2,55 GJ/m²) seria capaz de abastecer anualmente aproximadamente 415 casas de famílias médias brasileiras com 4 pessoas.

Ressalta-se que esse estudo apresenta como principal limitação o fato de contabilizar as emissões de carbono e consumos energéticos a partir apenas de dados de consumo e frete de materiais/insumos estimados do projeto. Trata-se, portanto, da utilização da primeira edição da CECarbon, isto é, foram utilizados dados do projeto antes do início da obra, com a finalidade de oferecer um diagnóstico preliminar do empreendimento em relação aos indicadores de emissões de carbono e consumo de energia embutida nos materiais e insumos para tomada de decisão por parte dos empreendedores. Será refeito ao final da obra, possibilitando a comparação de resultados. Assim, esta ferramenta extrapola também seus benefícios da mensuração das emissões, tornando-se uma alternativa gerencial de acompanhamento de quantitativos de insumos previstos e realizadas, contribuindo também para a avaliação do processo orçamentário das empresas e eficiência do processo produtivo.

Os resultados referentes a primeira edição da CECarbon sinalizam que a avaliação do partido estrutural das edificações, eficiência do processo construtivo permitindo a redução de perdas no aço, concreto e também nas argamassas, ou possíveis substituições das esquadrias de alumínio e dos blocos de concreto, por outros materiais alternativos, por exemplo, podem contribuir para redução das emissões de carbono do projeto do empreendimento.

Convém ressaltar que se faz necessária uma avaliação prévia para verificar o percentual de redução das emissões de carbono e consumo energético dessas estratégias de mitigação. Por exemplo, apesar do bloco de concreto ser considerado um material com alto percentual de emissão de carbono, o mesmo permite um processo construtivo mais eficiente, ao facilitar a distribuição das instalações hidráulicas e elétricas sem os conhecidos “rasgos” em alvenaria

quando utiliza-se blocos cerâmicos, que depois precisam ser recompostos, acarretando muitas vezes a necessidade de espessuras mais elevadas e conseqüentemente um maior consumo de argamassa.

O mesmo vale para a estratégia para redução de desperdícios na dobragem do aço quando realizada em empresa especializada, contribuindo também para a segurança, principalmente para canteiros de obras com áreas reduzidas. Para tal, devem ser considerados dois trajetos de deslocamento para o aço: do fornecedor até a empresa de dobragem e dessa para o canteiro de obras. Assim, cálculos devem ser realizados para verificar se as emissões referentes ao aumento do percurso são compensadas pela redução das perdas.

No que se refere a possíveis ações de compensação, tem-se que as emissões totais do empreendimento equivalem ao conteúdo de carbono armazenado em aproximadamente 7.943 árvores típicas da Mata Atlântica.

Recomenda-se para novas pesquisas:

- i) Estudo comparativo entre o que foi projetado versus o realizado, comparando os dos resultados contabilizados na etapa de projeto (primeira edição da CECarbon) com os resultados no final do período de construção do empreendimento incorporando as alterações de projeto e/ou substituições de materiais e insumos no decorrer da obra e mostrando as variações nos resultados;
- ii) Avaliações dos processos produtivos dos insumos/materiais com maiores emissões de carbono para formulação de estratégias de redução das emissões dos projetos/empreendimentos, uma vez que a maior contribuição está normalmente na cadeia dos fornecedores;
- iii) Análise para inclusão de novas categorias na CECarbon visando tornar o inventário mais completo, tais como: “resíduos e efluentes gerados nas operações”, “viagens a negócios”, “deslocamento de funcionários (casa-trabalho)”, etc. Atualmente a CECarbon somente permite inventariar 4 categorias: “bens e serviços comprados”, “combustão móvel”, “combustão estacionária” e “energia adquirida”;
- iv) Estudos para elaboração de uma aba suplementar na CECarbon para realização de análise de riscos climáticos e sugestão de medidas de adaptação nos projetos de edificações. Atualmente a plataforma está apenas voltada para a contabilização das emissões de carbono e consumo energético e conseqüentemente medidas de mitigação nas obras, entretanto sabe-se que a melhoria da resiliência urbana requer uma via de mão dupla, envolvendo tanto estratégias de mitigação como de adaptação às mudanças climáticas;
- v) Pesquisa sobre outras plataformas de inventários de emissões em projetos de edificações/canteiros de obras para comparar os resultados obtidos via CECarbon;
- vi) Verificação comparando os indicadores referentes a emissões de carbono e consumo energético obtidos no empreendimento estudado (0,224 tCO₂e/m² e 2,55 GJ/m², respectivamente) com indicadores obtidos por outros empreendimentos imobiliários semelhantes localizados no Brasil.

Essa agenda de pesquisa é importante para a construção de indicadores para o setor de construção civil, contribuindo assim para a definição de metas para os Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas, medida a ser cumprida por diversos setores da economia com base no Decreto Federal 11.075, de 19 de maio de 2022.

REFERÊNCIAS

- BENITE, Anderson. **Emissões de carbono e a construção civil**. Centro de Tecnologia de Edificações. São Paulo, 2011.
- BESSA, V. M. T. **Contribuição à metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono no ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritórios**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo – USP, 2010.
- BRASIL, **Decreto 11075 de 19 de maio 2022**. Estabelece os procedimentos para a elaboração dos Planos Setoriais de Mitigação das Mudanças Climáticas, institui o Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1505298704/decreto-11075-22>. Acesso em 30 jul. 2022
- BURRITT, R.L., SCHALTEGGER, S.; ZVEZDOV, D. Carbon management accounting: explaining practice in leading German companies, *Australian Accounting Review*, 21(1), 2011, pp.80–98.
- CAROZO Empreendimentos Imobiliários. **Porto Privilege**. Disponível em: <https://www.carozo.com.br/empreendimentos/porto-privilege/>, Acesso em 07 jul 2023.
- CECARBON. **Buscamos a transição para uma economia sustentável, eficiente e de baixo carbono**, 2022. Disponível em: <https://www.cecarbon.com.br/about>. Acesso em 20 jun.2022.
- CECARBON. **Relatório Metodológico**, SindusCon-SP: São Paulo, 2020.
- CNN BRASIL. **Compromissos assumidos pelo Brasil na COP 26**, 2022 Disponível em <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/entenda-os-compromissos-assumidos-pelo-brasil-na-cop26/>. Acesso em: 01 ago. 2022
- CRUZ, F.; D’AVILA, S.L. *Inventory of Greenhouse Gases Emissions of the Federal Technological University of Paraná – Curitiba Campus*, Academic Department of Chemistry and Biology, Federal Technological University of Paraná, Curitiba, 2013.
- GBC BRASIL. **Compreenda o Leed**. 2022. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Compreenda-o-LEED-1.pdf>. Acesso em 08 ago. 2022
- GHG PROTOCOL BRASIL. **Programa Brasileiro GHG Protocol**. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>. Acesso em 16 jan. 2022.
- GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA. **Inventário de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa do estado da Bahia**. Salvador, 2022. <http://www.meioambiente.ba.gov.br/arquivos/File/Inventario2.pdf>. Acesso em: 07 nov 2022

HALL, G.; LEE, J., *Making Advances in Carbon Management*: best practice from the Carbon Information Leaders. Disponível em [http://www-](http://www-935.ibm.com/services/uk/bcs/pdf/cdp_andibm_final_updated_sept08.pdf?me=w&met=landingpage)

935.ibm.com/services/uk/bcs/pdf/cdp_andibm_final_updated_sept08.pdf?me=w&met=landingpage. Acesso em 20 dez 2022.

IBRAHIM, N. et al. Greenhouse gas emissions from cities: comparison of international inventory frameworks. *Local Environment*, v. 17, n. 2, p. 223-241, 2012.

LAMBERTS, R. et al. *Sustentabilidade nas edificações*: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área. Laboratório de Edificações – UFSC. Florianópolis, 2007.

MACIEL, M. A. D. et al. Emissões de gases de efeito estufa na construção civil. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 16, n. 1, 2018.

PRADO, A. F. R. et al. **Urban resilience actions in the built environment**: an analysis of the city of Salvador–Bahia-Brazil. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR. **IPTU Verde**, 2015. Salvador Disponível em: <http://www.iptuverde.salvador.ba.gov.br/>. Acesso em: 02 jan 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR. **Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima de Salvador**, 2020a. Disponível em: [http://sustentabilidade.salvador.ba.gov.br/wp-content/uploads/2020-12/Versao_Completa_PMAMC.pdf](http://sustentabilidade.salvador.ba.gov.br/wp-content/uploads/2020/12/Versao_Completa_PMAMC.pdf). Acesso em: 02 fev.2021

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR. **Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do município de Salvador**. Salvador, 2020b. [http://sustentabilidade.salvador.ba.gov.br/wp-content/uploads/2020-08/InventarioGEE_2014_2018_PMAMC.pdf](http://sustentabilidade.salvador.ba.gov.br/wp-content/uploads/2020/08/InventarioGEE_2014_2018_PMAMC.pdf). Acesso em: 02 fev 2021

PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR. **Salvador Resiliente**, 2019. http://sustentabilidade.salvador.ba.gov.br/wp-content/uploads/2019/09/SALVADOR_RESILIENTE_versao.pdf. Acesso em: 02 fev 2021

SINDUSCON-SP. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo, **CECarbon vence Prêmio CBIC de Inovação e Sustentabilidade**, 2022. Disponível em <https://sindusconsp.com.br/cecarbon-vence-premio-cbic-de-inovacao-e-sustentabilidade/>. Acesso em 19 dez. 2022.

SILVA, A. T. et al. Novas exigências decorrentes de programas de certificação ambiental de prédios e de normas de desempenho na construção. *Arquiteturarevista*, v. 10, n. 2, p. 105-114, 2014.

SILVA, A.: ANDRADE, C. Sinergia entre a estratégia de resiliência de Salvador e o IPTU verde: oportunidades para aumento da eficácia e parceria com o mercado imobiliário. In: XXII Engema, São Paulo. **Anais do XXII Engema**, 2022.

UNEP – United Nations Environmental Programme. **Common Carbon Metric for Measuring Energy Use and Reporting Greenhouse Gas Emission from Building Operations**. Sustainable Buildings and Climate Initiative, 2012. Disponível em <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7922>. Acesso em 08 ago.2022.

VANZOLINI, **Aqua-Hqe** 2022 Disponível em: <https://vanzolini.org.br/certificacao/sustentabilidade-certificacao/aqua-hqe/>. Acesso em 08 ago.2022.