

The logo for 'rac' is displayed in white, lowercase letters on a black square background. The letters are stylized with a modern, sans-serif font. The background of the entire page is a photograph of a modern building with a concrete facade, a black metal railing on a balcony, and several potted palm plants in the foreground.

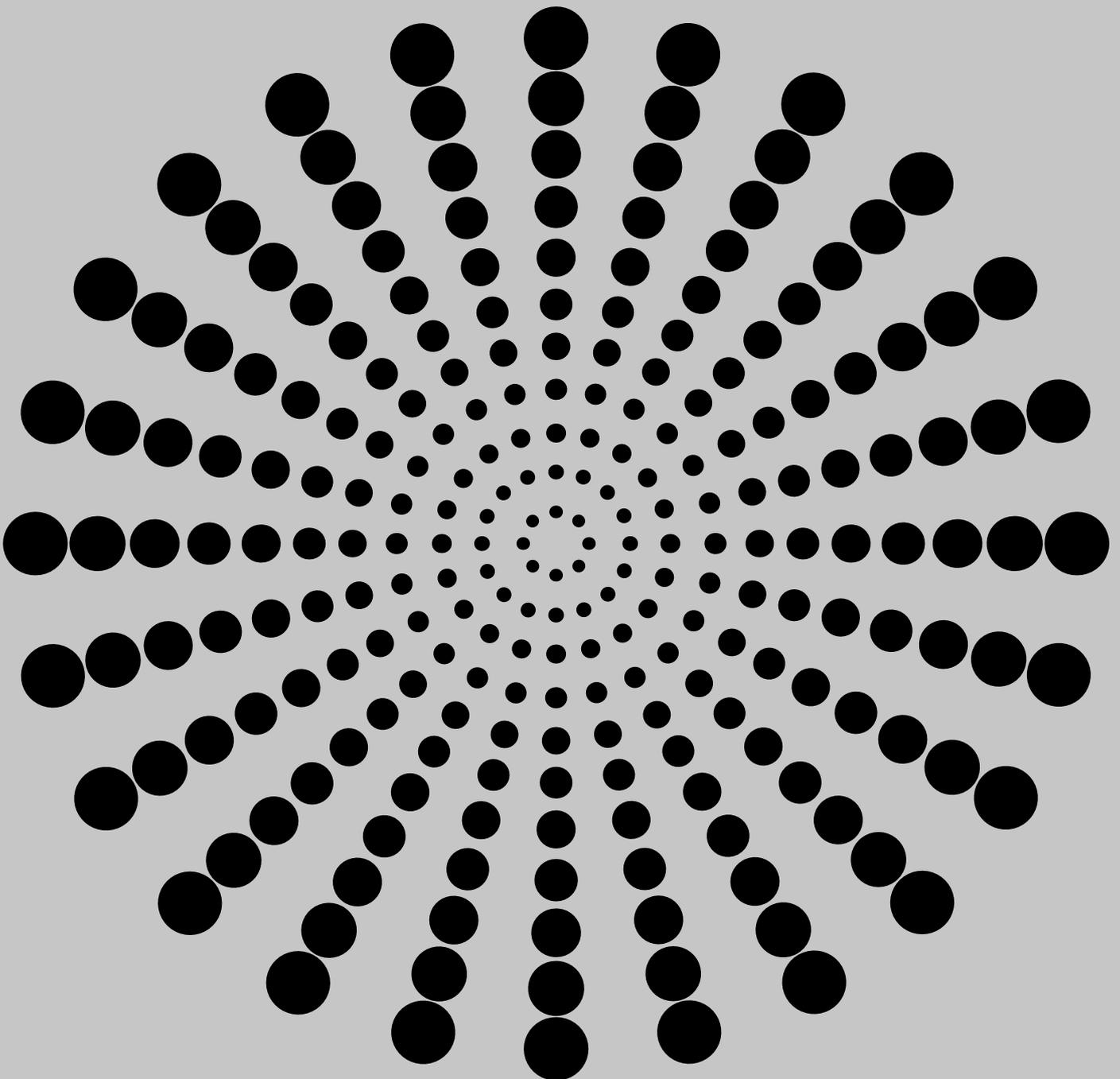
rac

Descarbonização na Construção Civil

Estudo Técnico das Emissões de Carbono
Incorporado



Estratégia para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) em toda a cadeia da indústria da construção civil.





REALIZAÇÃO

Grupo RAC

Presidente

Ricardo Gansian

Sustentabilidade Corporativa

Júlia Berticelli Basso

Beatrice Lorenz Fontolan

Conselheira de Inovação

Sandra Pinho Pinheiro

APOIO INSTITUCIONAL

Green Building Council Brasil

GRUPO RAC

raceng.com.br

bproeng.com

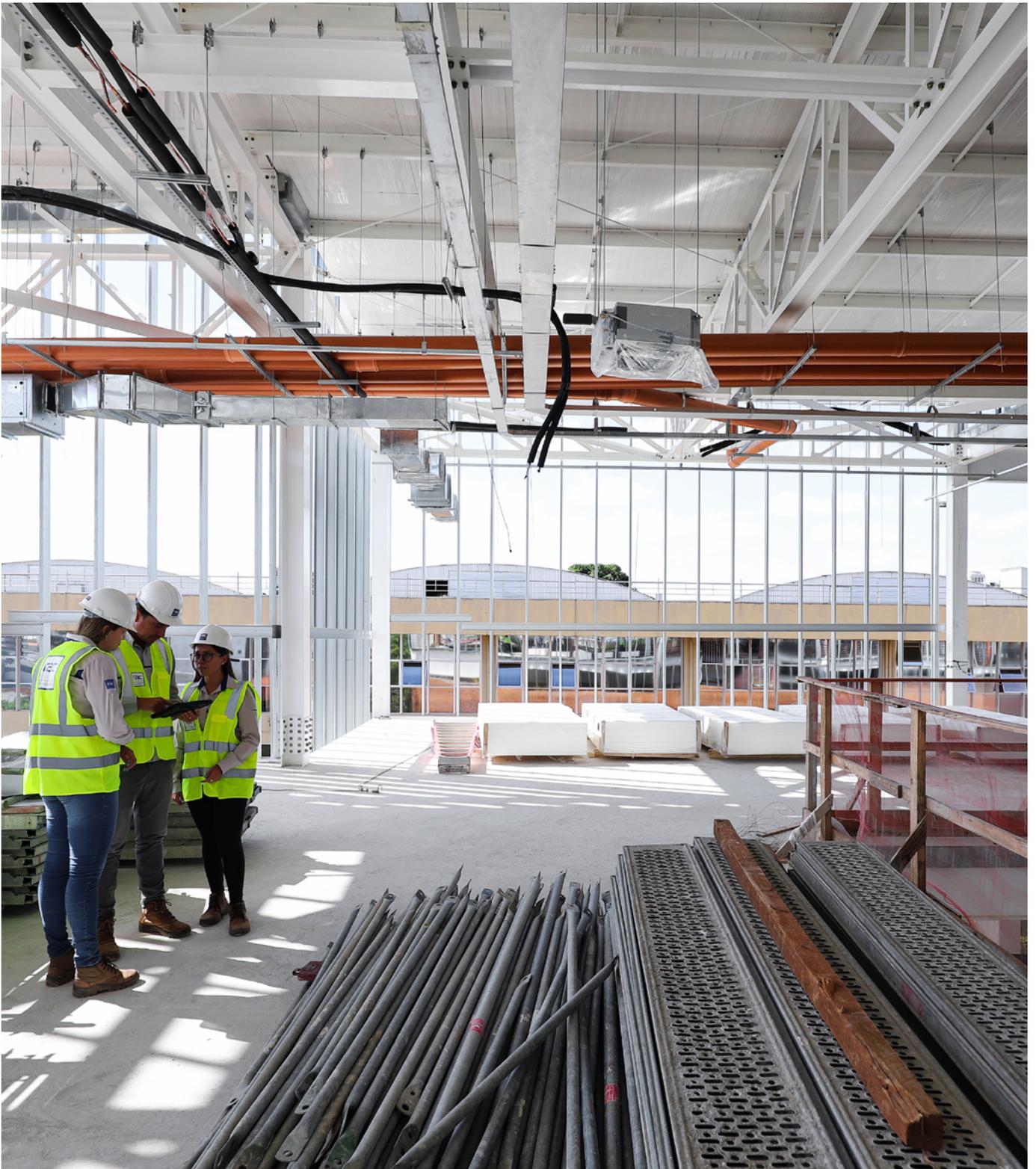
hiexempreendimentos.com.br

Para dúvidas ou sugestões, fale conosco no e-mail:
sustentabilidade@raceng.com.br

Todos os direitos reservados, maio, 2024.

“Com satisfação apresentamos um estudo pioneiro no tema da descarbonização para o setor da construção civil. Este relatório representa uma colaboração importante, por meio da metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida, para uma melhor compreensão de como podemos reduzir as emissões do carbono incorporado provenientes dos materiais da construção de edifícios para atingir o *Net Zero Carbon*. Esperamos envolver muitas partes interessadas neste trabalho, partilhar e desenvolver ainda mais a aprendizagem, para que o setor da construção possa acelerar a descarbonização.”

Grupo RAC



SUMÁRIO EXECUTIVO

O Grupo RAC, comprometido com a Agenda 2030, assume a responsabilidade de contribuir para a sustentabilidade na construção civil. Através da mensuração de impactos ambientais, da promoção da descarbonização e da assessoria aos clientes na tomada de decisões conscientes, o Grupo visa liderar a transição para um setor mais responsável.

Este estudo técnico explora as estratégias de mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GEE) que podem ser evitadas nas edificações ainda em fase de projeto. Foram analisadas as emissões de carbono incorporado de materiais produzidos no Brasil comprovados por Declaração Ambiental de Produto (DAP) e simulados a partir da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) na fase de produto (A1-A3).

A partir da metodologia de ACV, o estudo analisa os impactos ambientais de oito materiais que apresentam DAP em quatro categorias: infraestrutura, superestrutura, fechamento e interiores. Para cada grupo, dois materiais foram selecionados. Os dados de emissões de carbono equivalente (CO₂e) desses materiais foram comparados com as linhas de base de inventário de carbono conforme normas técnicas e padrões internacionais, gerando resultados parciais por categoria.

Em seguida, esses resultados foram aplicados em uma edificação existente, a sede do Grupo RAC, em Curitiba/PR, para quantificar os impactos de emissão total evitável. A análise comparativa demonstrou como a escolha consciente de materiais podem elevar ainda mais os níveis de sustentabilidade.

A simulação da substituição de materiais convencionais por alternativas de baixo carbono resultou em notáveis 33,16% de emissões que poderiam ter sido evitadas na fase de projeto e seleção dos materiais (A1-A3 – Estágio de Produto).

Como forma de validar o estudo, o resultado da simulação da sede construída foi comparado com um *benchmark* estabelecido pela World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2021).

Os resultados enfatizam a importância da redução do carbono incorporado. Por meio da seleção criteriosa de materiais e de processos, especialmente no estágio inicial do projeto, é possível alcançar uma redução significativa de emissões de GEE.

Este estudo serve ainda como modelo para futuros empreendimentos, demonstrando a viabilidade e os benefícios da descarbonização. Ao destacar a importância da redução do carbono, o Grupo RAC reforça seu compromisso com a responsabilidade ambiental e contribui para a construção de cidades mais sustentáveis.

1

APRESENTAÇÃO

8

2

LIDERANÇA DA INDÚSTRIA NO BRASIL

9

3

INTRODUÇÃO

11

4

METODOLOGIA

13

5

ESTUDO COMPARATIVO DO POTENCIAL DE 15
AQUECIMENTO GLOBAL DOS MATERIAIS

6

ESTUDO DE CASO

19

7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

25

8

GLOSSÁRIO

28

9

REFERÊNCIAS

29

LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELAS

Figura 1: Delimitação dos estágios de ciclo de vida da edificação

Figura 2: Percentual de melhoria das emissões de carbono dos materiais separadamente

Figura 3: Resultados de redução de carbono equivalente da sede do Grupo RAC

Gráfico 1: Percentual de melhoria da simulação de substituição dos materiais

Gráfico 2: Percentual de melhoria das emissões por material

Gráfico 3: Percentual de melhoria das emissões por categoria

Gráfico 4: Resultado global da simulação da sede do Grupo RAC

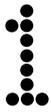
Gráfico 5: Comparação entre o *benchmark* WBCSD e o *case* de estudo.

Tabela 1: Materiais utilizados para o estudo

Tabela 2: Resultado da simulação de substituição dos materiais

Tabela 3: Materiais utilizados no *case*

Tabela 4: Percentual de melhoria das emissões de carbono equivalente no *case* da sede do Grupo RAC



APRESENTAÇÃO

O Grupo RAC é uma *holding* composta por quatro empresas: RAC Engenharia, BPRO Smart Engineering, HIEX Empreendimentos e RAC Infra, com atuação em todo o Brasil e no Paraguai.

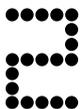
Atuante na construção civil há 23 anos, tem um histórico sólido de empreendimentos sustentáveis e busca ir além das exigências do setor, alinhando suas práticas à Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), visando uma transformação social, ambiental e ética.

A descarbonização dos processos, as certificações ambientais, os inventários de emissões e as metas públicas assumidas demonstram o compromisso da empresa com a vanguarda das ações sustentáveis. Por isso, o grupo investe há muito tempo em alto desempenho ambiental, com o compromisso de engajar toda a cadeia da construção.

A organização desenvolveu capacidades e recursos inovadores para realizar e gerir seus projetos em BIM (*Building Information Modeling*) com a intenção de descarbonizar os processos de construção, operação e manutenção. Esse avanço foi intensificado em 2023 pela realização interna da ACV para seus clientes. Assim, é possível antever e contabilizar as emissões de GEE para alcançar as metas previstas nos relatos empresariais, atendendo às exigências do movimento ESG e contribuindo positivamente para a mitigação das mudanças climáticas.

Como parte da jornada de descarbonização do Grupo RAC, todos os empreendimentos incorporados pela HIEX no mercado imobiliário serão neutros em carbono. Isso significa que os resultados da ACV realizada nos projetos não apenas contribuirão para as estratégias de redução das emissões, mas também indicarão a quantidade de carbono que será neutralizada.

A busca contínua por construir edifícios de alto desempenho ambiental e promover a saúde e o bem-estar dos clientes faz parte do DNA do Grupo RAC. Outro motivador para a realização do estudo é a meta 13.3 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, que alerta sobre as mudanças do clima e conscientiza sobre a importância da mitigação, adaptação e redução das emissões de gases de efeito estufa.



LIDERANÇA DA INDÚSTRIA NO BRASIL

Apoiador institucional que assume o desafio de liderar e engajar a cadeia da construção civil para responder aos desafios brasileiros e globais.



Green Building Council Brasil (GBC Brasil)

“O Grupo RAC sempre esteve na liderança do movimento de *green building* no que se refere ao investimento em inteligência de engenharia, gestão e produtividade da atividade construtiva, bem como liderou empreendimentos icônicos certificados pelas ferramentas que promovemos.

O estudo detalhado de Avaliação do Ciclo de Vida e solicitação do documento de transparência e publicidade, Declaração Ambiental de Produto, engajando e valorizando as indústrias que investiram nestes diferenciais despontam como mais uma vitória do Grupo RAC e de sua equipe.

Entendemos que a Avaliação do Ciclo de Vida dos produtos, oferece a oportunidade às indústrias de aumentarem os seus esforços na eficiência dos seus processos e tendem a estimular a circularidade na construção. Outro benefício é a discussão mais contundente sobre o carbono incorporado. Nas ferramentas de certificações promovidas pelo Green Building Council Brasil, como o LEED (especialmente, a futura versão 5) e o GBC CASA&CONDOMÍNIO (versão 3), o conceito de carbono incorporado em caráter de transparência ou performance será exaltado. Outro conceito que surge é a ideia de “*carbon oriented design*”, onde métricas de carbono por m² passa a ser uma das principais premissas do projeto.

Corroborando na contextualização destes conceitos como diferenciais competitivos, o GBC Brasil, juntamente com renomados parceiros do mercado financeiro lançará o Certificado de Recebíveis Imobiliários Verde, onde a régua técnica serão as métricas dos créditos criados na nova categoria de Mudanças Climáticas da versão 3 da certificação GBC CASA&CONDOMÍNIO (desempenho em carbono incorporado e carbono operacional). Novamente, parabéns ao Grupo RAC e à equipe. Obrigado pelo pioneirismo e inspiração para que possamos ousar em nossas métricas, além de evidenciar que os profissionais e empresas atuantes na construção civil brasileira desempenham um papel de protagonismo no movimento internacional de *green building*.”

Felipe Augusto Faria
CEO – *Chief Executive Officer*
Green Building Council Brasil

Líderes da indústria da construção civil que investem na jornada de descarbonização de seus processos e os documentam com Declaração Ambiental de Produto.



ARCELORMITTAL

Maior produtora de aço no Brasil e líder mundial, a ArcelorMittal possui como propósito “Aços Inteligentes para as Pessoas e o Planeta”, reforçando o comprometimento da empresa de liderar a descarbonização na indústria do aço. A diretriz da siderúrgica é investir em pesquisa e desenvolvimento para oferecer soluções tecnicamente diferenciadas e mais eficientes, com racionalização e menor impacto socioambiental.

Pensando nisso, lançou de forma pioneira o vergalhão ArcelorMittal 50 S XCarb®, primeiro produto da empresa, produzido na América Latina, com utilização de 100% de material reciclado e 100% de energia renovável, garantindo redução da ordem de 60% das emissões de gases de efeito estufa, em comparação com o vergalhão tradicional da empresa. **Saiba mais.**



CEBRACE

A Cebrace é uma *joint-venture* entre os grupos NSG/Pilkington e Saint-Gobain. Reconhecida como líder de mercado no segmento de vidro plano brasileiro, destaca-se como a maior produtora de vidros e espelhos na América do Sul, produzindo vidros de alta performance que ajudam as pessoas a reduzirem o consumo de energia, com conforto e bem-estar dentro de casas e edifícios de todo o país.

Seu compromisso em transformar o futuro exige mais que criar produtos inovadores. Para isso, é preciso um ecossistema, em que pessoas sejam atores dessa mudança unidas por um só propósito. Em um cenário em que as construções têm uma alta participação nas emissões de CO₂, a contribuição da Cebrace acontece em diversas frentes em prol de uma arquitetura mais sustentável. **Saiba mais.**



SAINT-GOBAIN

Líder global em construção leve e sustentável, a Saint-Gobain projeta, fabrica e distribui materiais e serviços para os mercados de construção e indústria. Suas soluções integradas para a reforma, construção leve e descarbonização da construção e da indústria, são desenvolvidas por meio de um processo de inovação contínua e promovem sustentabilidade e performance. O compromisso do grupo é guiado pelo seu propósito, “*Making the World a Better Home*”.

No mundo todo, somam €47.9 bilhões em vendas em 2023, contam com mais de 160 mil colaboradores em 76 países e tem como compromisso alcançar a Neutralidade de Carbono até 2050. **Saiba mais.**



TARKETT

Enquanto profissionais do setor e fabricante de pisos, a empresa tem um papel fundamental a desempenhar: produzir revestimentos com menos. Menos desperdício. Menos emissões. Mais bem-estar. Mais provas. É por isso que a Tarkett estabeleceu metas ambiciosas até 2030:

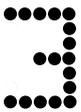
- Menos 30% de emissões de CO₂ em toda a cadeia de valor (vs. 2019);
- 30% de materiais reciclados nos produtos.

Como comprovação, a Tarkett apresenta uma completa Avaliação de Ciclo de Vida dos seus produtos através da Declaração Ambiental de Produto produzida no Brasil, onde é possível calcular toda a emissão de carbono. Além disso, é a única empresa do segmento de revestimentos que conta com um programa completo de logística reversa, tendo reciclado mais de 120 toneladas de sobras de piso no Brasil (até 2022). **Saiba mais.**



VOTORANTIM

Como empresa de materiais de construção e soluções sustentáveis, a Votorantim Cimentos é líder no Brasil e uma das companhias mais influentes do setor no mundo. Estão comprometidos em evoluir rumo a um mundo sustentável. Os Compromissos de Sustentabilidade para 2030 estão alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU) e são focados em segurança, ética, integridade e excelência. Buscando equilíbrio entre inovação e sustentabilidade, dedicam esforços para atender o foco dos seus clientes e as necessidades globais atuais do setor. **Saiba mais.**



INTRODUÇÃO

Com os avanços das metas e dos compromissos rumo ao Net Zero, também há uma pressão crescente para que as empresas examinem as suas atividades. Embora a compensação das emissões seja uma ação válida, a redução das emissões de gases de efeito (GEE) estufa é um esforço ainda mais necessário.

No setor de engenharia, arquitetura e construção, as emissões relacionadas à fabricação de materiais, chamadas de carbono incorporado, têm impacto no desempenho declarado das empresas em relação à sua cadeia de fornecedores (escopo 3). Até o momento, essa tem sido uma iniciativa voluntária adotada por algumas empresas, mas tem ganhado cada vez mais relevância e tende a se tornar uma diretriz obrigatória.

De acordo com a United Nations Environment Programme (UNEP 2022), a construção civil é responsável por 37% das emissões globais de CO₂ causadoras do aquecimento global. Portanto, é compreensível e urgente que os setores públicos e privados invistam na descarbonização de processos, produtos, sistemas, operações e descarte como forma de atingir as metas de redução definidas em 2015 pelo Acordo de Paris para limitar o aquecimento global em 1,5°.

Dos 37% de emissão de CO₂ que são de responsabilidade da construção civil, um terço desse valor, equivalente a 11% do total, vem dos produtos e materiais de construção, o carbono incorporado. Com a crescente eficiência operacional dos edifícios e a melhoria da rede energética, o carbono incorporado

tende a se tornar o principal fator de impacto climático no setor, tornando-se o foco dos reguladores e dos atores do mercado (WBCSD, 2021).

Além disso, a Declaração de Chailot, firmada no primeiro Fórum Mundial sobre Edifícios e Clima de 2024 – realizado pela Agência das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e o governo francês – firmaram o compromisso entre 70 países de adaptar e reverter seus modelos de construção, a fim de zerar as emissões de gás carbônico na indústria da construção civil. Um marco que reflete a importância dada à temática da descarbonização dos edifícios.

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é a principal metodologia empregada para calcular a pegada de carbono de uma construção. Ela avalia os impactos ambientais ao longo de todas as fases do ciclo de vida de um edifício, incluindo desde a extração de matérias-primas, transporte e operação, até o descarte de resíduos e sua recuperação.

A somatória de cada material utilizado na construção de um empreendimento e o seu desempenho na fase operacional contribuem para o impacto ambiental de uma edificação durante toda sua vida útil. Assim, cada fornecedor pode apresentar a pegada de carbono dos seus insumos através de uma Declaração Ambiental de Produto (DAP).

As DAPs fornecem informações sobre o desempenho ambiental de produtos com base em ACVs verificadas por terceiros. Essas declarações cobrem diversas categorias de impacto ambiental, como potencial de aquecimento global e esgotamento de recursos.

Ao disponibilizarem essas informações, os fabricantes permitem que os compradores ou especificadores tomem decisões de compra mais conscientes. Por isso a importância de avaliar os produtos de acordo com normas, metodologias e critérios uniformes. Caso não haja essa documentação, a ACV é realizada com base em dados internacionais, o que muitas vezes resulta em um valor muito distinto da realidade brasileira.

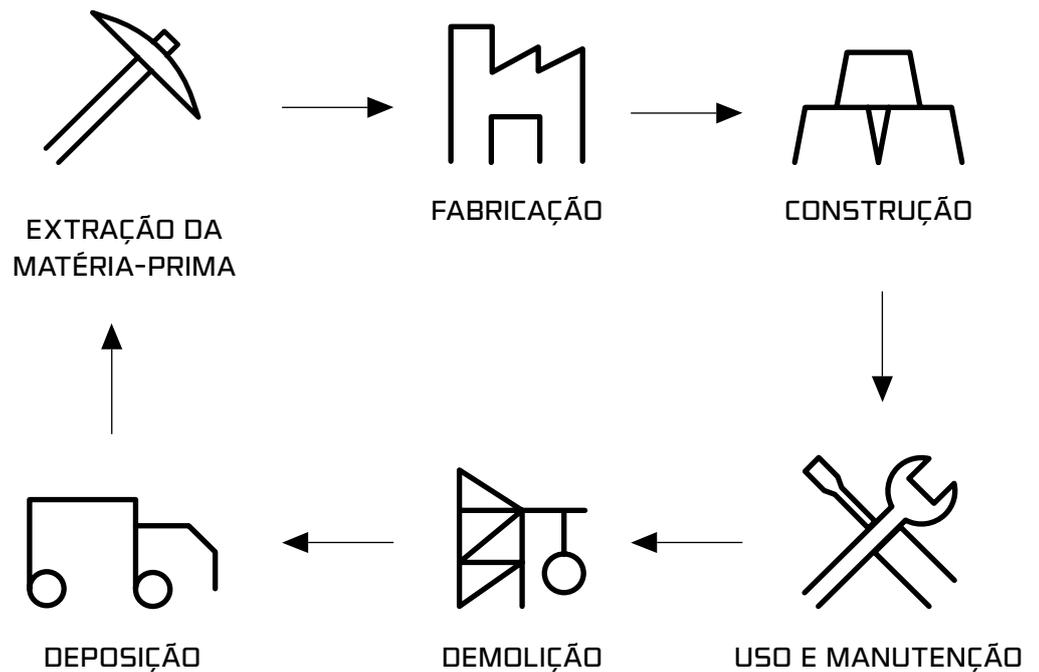
A ACV se destaca como uma ferramenta preliminar essencial, auxiliando os tomadores de decisão a identificar oportunidades de aprimoramento e a priorizar ações que impulsionem positivamente o alcance das metas corporativas e de certificações de sustentabilidade ao longo de todas as fases, de concepção de projetos, até de construção.

O mercado tem atualizado continuamente suas exigências de acordo com o seu desenvolvimento e as premissas do ESG. O World Green Building Council (WGBC), definiu metas ambiciosas para 2030, buscando construções altamente eficientes e com a máxima redução de carbono. A nova versão cinco do LEED promoverá soluções com maior ênfase à redução das emissões de gases efeito estufa. Assim como o *chapter* Green Building Council Brasil (GBC) atualiza na sua versão três, a Certificação GBC Casa & Condomínio para reconhecer projetos e obras que descarbonizam os empreendimentos, incluindo medições de desempenho ambiental como DAPs e ACVs.

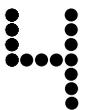
Todas essas iniciativas, quando prescritivas e validadas por terceira parte, têm sido cada vez mais aceitas por instituições bancárias para a liberação de investimentos e produtos financeiros. Tudo isso demonstra que a construção

civil está em uma nova fase de mercado, onde a coleta, o armazenamento e o gerenciamento de dados verificáveis de desempenho dos edifícios são de extrema valia. Somente assim, com o conhecimento dos impactos relacionados ao ciclo de vida de produtos e edifícios, será possível estabelecer metas reais e audaciosas para colaborar com o atingimento dos objetivos globais e minimizar as mudanças climáticas.

Sendo assim, este estudo técnico visa analisar de forma crítica os resultados das ACVs de edifícios e propor melhorias para reduzir as emissões de carbono de construções, integrando essa preocupação desde a etapa preliminar dos projetos e priorizando o uso de produtos com rastreabilidade da pegada de carbono.



Estágios do ciclo de vida de uma edificação



METODOLOGIA

Para verificar a hipótese de que a escolha de materiais específicos pode potencializar os resultados positivos de emissões evitáveis relativas ao carbono incorporado, foi definido um recorte de análise de escopo, conforme Figura 1:

- Material com produção de baixo carbono e DAP verificado por terceira parte;
- Material produzido com baixo carbono e DAP autodeclarada;
- Materiais produzidos no Brasil;
- Avaliação das emissões de carbono equivalente para a fase de produto (A1-A3).

ETAPAS DO CICLO DE VIDA	PRODUTO			CONSTRUÇÃO		USO							FIM DA VIDA				BENEFÍCIOS E CARGAS ALÉM DAS FRONTEIRAS	
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4		D
Módulos	Extração	Matérias primas	Transporte das matérias primas	Manufatura	Transporte até o canteiro de obras	Construção	Uso	Manutenção	Reparo	Substituição	Reforma	Uso de energia operacional	Uso de água operacional	Demolição/Desconstrução	Transporte até a destinação final	Processamento dos resíduos	Disposição final	Reúdo/Recuperação/Reciclagem

Figura 1: Delimitação dos estágios de ciclo de vida da edificação

A ferramenta eTool foi utilizada para realizar as Avaliações de Ciclo de Vida apresentadas neste estudo em conformidade com as normas ISO 14044 e EN 15978. A base de dados utilizada é o North American V17 Life Cycle Strategies, que atende à norma EN15804. O método de caracterização dos indicadores de impacto é CML IA Baseline V4.5 (Institute of Environmental Science). A vida útil estimada do projeto é de 60 anos, adotado para o período de estudo da ACV. Essas ACVs geraram resultados para diversos indicadores de impacto ambiental. O modelo de ACV produzido na ferramenta eTool foi **revisado de forma independente** e de acordo com a ISO 14040 pela consultoria de engenharia e sustentabilidade Parsus.

Os materiais são divididos em quatro categorias: infraestrutura, superestrutura, fechamento e interiores. A seleção de dois materiais em cada grupo foi realizada através da avaliação dos dados com o escopo anteriormente apresentado.

Primeiramente, por meio dos critérios estabelecidos para a realização da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) apresentados na metodologia, foram comparados os dados de emissões de carbono equivalentes dos materiais selecionados que possuam Declaração Ambiental de Produto (DAP), com o *baseline* da ferramenta, considerando unidade funcional unitária. Portanto, o resultado dos fatores de emissões de carbono equivalente (kgCO₂e) dos materiais escolhidos foram comparados com o *baseline* da ferramenta, obtendo resultados por categoria.

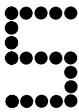
Posteriormente, foi conduzida a simulação do uso desses produtos utilizando a ACV em um empreendimento já existente, a sede corporativa do Grupo RAC. O objetivo da simulação foi avaliar o potencial de redução das emissões totais evitáveis caso os materiais escolhidos tivessem sido efetivamente aplicados na construção do imóvel.

Adicionalmente, para verificar se o resultado está em conformidade com os parâmetros mundiais, comparou-se o resultado de baixo carbono da edificação com o *benchmark* estabelecido pela World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2021), o qual apresenta para novos escritórios uma média de 525 kgCO₂e/m² para o estágio de produto (A1-A3). Esse relatório internacional estabelece um valor médio a partir de estudos

de ACVs realizadas em sedes corporativas e demais edificações europeias, determinando, portanto, um *benchmark* de emissões de carbono para cada estágio do ciclo de vida e metas para descarbonização.

“Com grande satisfação, apoiamos este estudo que utiliza a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para quantificar impactos ambientais e incentivar a adoção de práticas mais sustentáveis na indústria da construção. Ao integrar Declarações Ambientais de Produto (DAPs) com o desempenho de toda a edificação, o estudo identifica categorias e materiais de menor impacto, oferecendo estratégias para melhorias contínuas, bem como estimula a difusão de informações com transparência. Além de contribuir para o avanço científico, o trabalho promove a conscientização e a responsabilidade ambiental no mercado”.

Henrique Mendonça Diretor Executivo | Parsus



ESTUDO COMPARATIVO DO POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL DOS MATERIAIS

Por meio dos critérios estabelecidos para a realização da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) apresentados na metodologia, foram comparados os dados de emissões de carbono equivalentes dos materiais selecionados que possuem Declaração Ambiental de Produto (DAP) com o *baseline* da ferramenta (materiais com a mesma funcionalidade comumente utilizados nas edificações corporativas, disponíveis na base de dados), considerando quantidades de valor unitário. Os resultados parciais obtidos foram classificados por categorias.

Para isso, foram definidos oito materiais de quatro categorias, conforme a Tabela 1:

CATEGORIA	MATERIAL	MATERIAL DO BASELINE	ESPECIFICAÇÃO DO BASELINE	MATERIAL COM DAP	ESPECIFICAÇÃO DA DAP
Infraestrutura	Aço	Vergalhão CA50	Aço CA-50 61% de conteúdo reciclado Densidade: 7900 kg/m ³	Vergalhão ArcelorMittal 50 S XCarb®	Aço CA-50 S 100% de conteúdo reciclado Densidade: 7850 kg/m ³
	Concreto	Concreto moldado <i>in loco</i>	fck: 30 MPa Cimento CP-II Sem adição de escória Densidade: 2353 kg/m ³	Concreto Votorantim moldado <i>in loco</i> fck 30 MPa	fck: 30 MPa Cimento CP-II-E-40 15% de adição de escória Densidade: 2343 kg/m ³
Superestrutura	Aço	Vergalhão CA50	Aço CA-50 61% de conteúdo reciclado Densidade: 7900 kg/m ³	Vergalhão ArcelorMittal 50 S XCarb®	Aço CA-50 S 100% de conteúdo reciclado Densidade: 7850 kg/m ³
	Concreto	Concreto moldado <i>in loco</i>	fck: 40 Mpa Cimento CP-II Sem adição de escória Densidade: 2384 kg/m ³	Concreto Spectra Votorantim moldado <i>in loco</i> fck 40 MPa	fck: 40 MPa C Cimento P-II-E-40 15% de adição de escória Densidade: 2446 kg/m ³
Envoltória	Isolamento	Lã de rocha	Espessura: 40 mm Peso: 1,5 kg/m ² R-value: 1,19 Condutividade térmica: 0,033 W.(m.K) ⁻¹	Feltro Wallfelt lã de vidro Isover	Espessura: 50 mm Peso: 0,5 kg/m ² R-value: 1,19 Condutividade térmica: 0,042W.(m.K) ⁻¹
	Vidro	Vidro laminado incolor	Espessura: 6mm Peso: 15,00 kg/m ² U-value: 5,6 W/m ² .K	Vidro Cebrace Metalizado Off-line	Espessura: 6 mm Peso: 15,0 kg/m ² U-value: 5,6 W/m ² .K
Interiores	Piso	Piso vinílico	Material: PVC Espessura: 5 mm Peso: 6,0 kg/m ² Cola adesiva: 15 m ² /litro	Piso vinílico LVT Ambienta Tarkett	Material: PVC Espessura: 5 mm Peso: 5,09 kg/m ² Adesivo acrílico: 3 kg/m ²
	Forro	Forro de fibra mineral	Espessura: 19 mm Peso: 5,2 kg/m ² Absorção sonora – Classe A NRC = 0,90	Forro de lã de vidro Advanta-ge A Ecophon	Espessura: 15 mm Peso: 1,003 kg/m ² Absorção sonora – Classe A NRC = 0,95

Tabela 1: Materiais propostos para o estudo

A tabela acima fornece as definições dos materiais selecionados para utilização no estudo, os quais foram escolhidos com base nas DAPs disponíveis e sua viabilidade de uso em um ambiente corporativo.

Os materiais foram escolhidos para o *baseline* de acordo com a similaridade de aplicação entre eles, ou seja, materiais usualmente empregados nas edificações que possibilitam a simulação da substituição por terem a mesma funcionalidade com os materiais propostos com DAP. Desta forma, para o aço e para o concreto, definiu-se materiais de mesma resistência. O *baseline* para o isolamento teve como critério um material com o R-value mais similar possível ao da DAP, já para o vidro, que apresentasse o mesmo U-value. Em relação ao piso, definiu-se um *baseline* de mesmo material e

mesma espessura. Já para o forro, a escolha baseou-se em um material com mesma classe de absorção sonora, classe A. Para garantir a integridade dos valores do *baseline*, uma análise de sensibilidade foi realizada para assegurar que estivessem de acordo com os padrões de mercado.

Os resultados da redução de CO₂e ao comparar os materiais escolhidos da tabela acima com o seu *baseline*, ou seja, os percentuais de melhoria ao realizar a simulação de substituição, podem ser observados na Tabela 2:

CATEGORIA	MATERIAL	UNIDADE FUNCIONAL	EMISSÃO DO BASELINE (kgCO ₂ e)	EMISSÃO FINAL (kgCO ₂ e)	PERCENTUAL DE MELHORIA
Infraestrutura	Aço	1 metric ton	843,42	317,00	62,41%
	Concreto	1 m ³	564,34	293,00	48,08%
Superestrutura	Aço	1 metric ton	843,42	317,00	62,41%
	Concreto	1 m ³	652,58	305,00	53,26%
Envoltória	Isolamento	1 m ²	2,15	0,81	62,33%
	Vidro	1 m ²	19,10	17,60	7,85%
Interiores	Piso	1 m ²	15,63	8,23	47,34%
	Forro	1 m ²	12,58	2,53	79,89%

Tabela 2: Resultado da simulação de substituição dos materiais

A tabela 2 apresenta os resultados da ACV referentes às emissões de carbono equivalente para cada material analisado. Por exemplo, a tabela mostra que a simulação da substituição de uma tonelada de aço comum utilizado na infraestrutura por uma tonelada de vergalhão ArcelorMittal XCarb® (material com DAP) resulta em uma melhoria de 62,41% no impacto das emissões, principalmente por ter 100% de conteúdo reciclado e usar 100% de energia renovável na fabricação. Do mesmo modo, o percentual de melhoria entre 1 m³ de concreto de infraestrutura convencional por 1 m³ do concreto adotado (Concreto Votorantim moldado *in loco* fck 30 MPa) é de 48,08% a menos de emissão de CO₂e. O material que apresentou o melhor resultado foi o forro de lã de vidro, com 79,89% de diminuição de GEE. As análises revelam que a escolha de materiais de baixo carbono resulta em uma significativa redução das emissões de gases poluentes na atmosfera.

Ao examinar os impactos nas emissões do concreto, o do cimento é o mais relevante devido aos seus processos industriais para calcinação como também a fabricação do clínquer. Por isso, características como a eficiência de dosagem, a quantidade de cimento no traço, o tipo de cimento, a redução de clínquer pela presença de adições de escória, a eficiência na dosagem do concreto e o tempo de cura influenciam nas emissões de GEE. Normalmente, o traço do concreto é determinado durante a fase de construção em colaboração entre a construtora, o projetista estrutural e a empresa fornecedora. Abordagens de design integrado focadas em alto desempenho ambiental já consideram as especificações do concreto desde a fase inicial de concepção do projeto, auxiliando na tomada de uma decisão consciente.

Para os vergalhões, a preferência deve ser dada aos produtos de baixo teor de aço que utilizam principalmente material reciclado e energia renovável em sua fabricação. Já o desempenho ambiental dos vidros é resultado do processo de fabricação, visto que a energia dos fornos é bem significativa e a matriz energética no Brasil é mais limpa, e percentual de conteúdo reciclado na fase de produto, não sendo considerado o ganho operacional devido ao recorte ser apenas do estágio de produto (A1-A3).

Uma maneira de reduzir o impacto incorporado dos isolamentos e dos forros é optar por produtos com matéria-prima reciclada. Por fim, as características que podem ser analisadas nos pisos vinílicos são o potencial de reciclagem e a substituição de argamassas colantes por colas para piso e material renovável.

Destacam-se ainda que as melhorias apresentadas se referem especificamente aos materiais analisados neste estudo de caso, tanto as DAPs quanto os materiais da *baseline*. Esses percentuais de melhoria ocorrem devido aos múltiplos fatores existentes na fabricação do material, seja localização, composição, matriz energética, dentre outros. Além disso, variam de cada material e fornecedor. Os percentuais de melhoria podem ser visualizados no Gráfico 1:

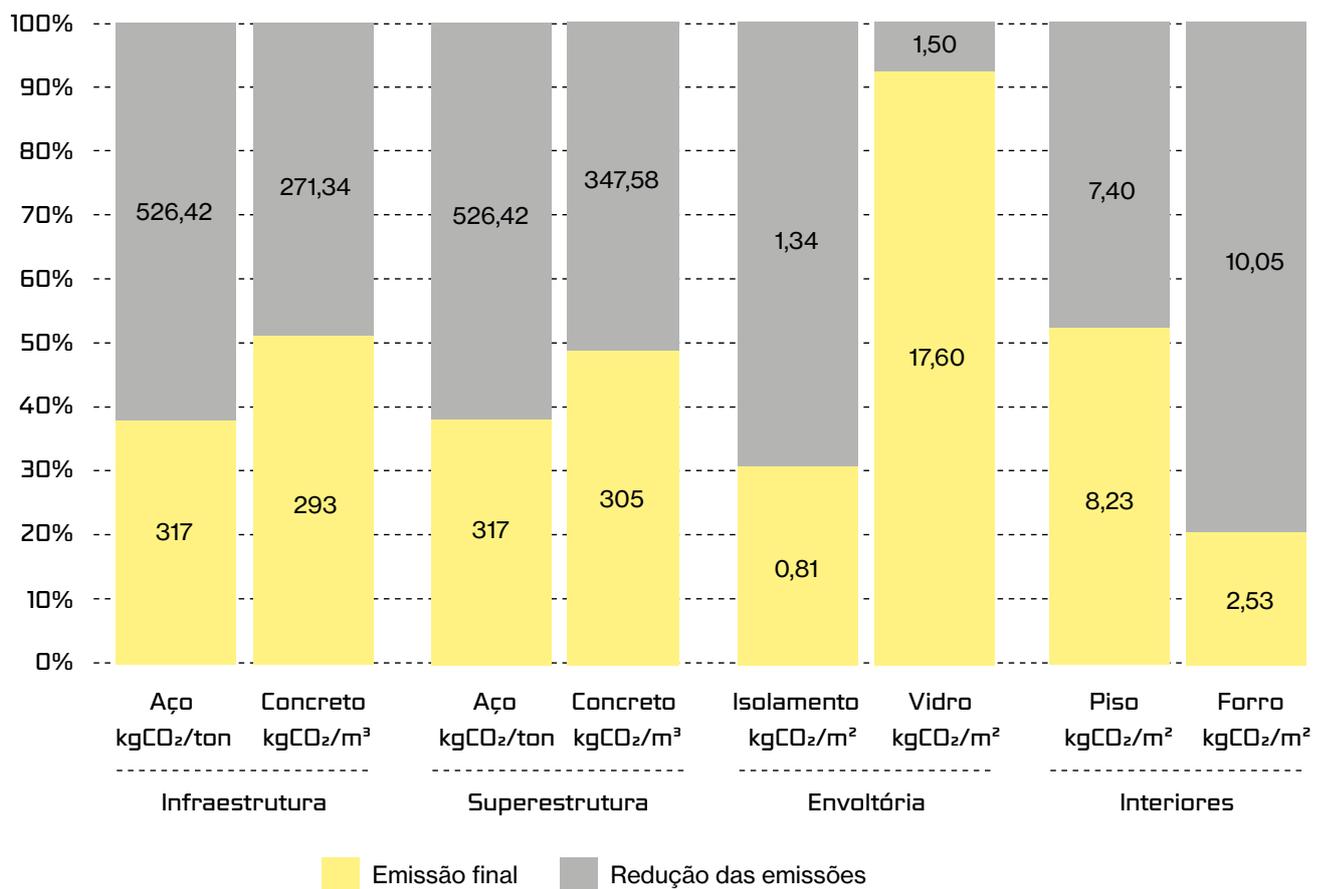
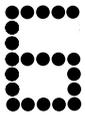


Gráfico 1: Percentual de melhoria da simulação de substituição dos materiais



ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de compreender os impactos práticos dos materiais anteriormente analisados, este capítulo apresenta como estudo de caso a sede corporativa do Grupo RAC. O imóvel foi inaugurado com o conceito de autossuficiência em energia e água, conhecidos como Net Zero Energia e Net Zero Água, respectivamente. Painéis fotovoltaicos foram instalados para gerar toda a energia necessária para o edifício, enquanto sistemas de captação, tratamento e reuso de águas pluviais, cinzas e negras foram implementados para garantir a autossuficiência hídrica.

A edificação, inaugurada em 2017 em Curitiba/PR, possui um subsolo e dois pavimentos além do térreo, abrangendo 836 m² de área construída. A sede possui blocos de fundação e parede de contenção, estrutura de concreto armado moldado *in loco*, laje nervurada aparente, fechamentos em blocos de concreto aparente e placas fotovoltaicas na cobertura. Com uma arquitetura industrial, as instalações são aparentes, com área de forro exclusiva nas áreas de trabalho, piso de granitina, carpet e piso cerâmico.

O projeto incluiu ainda a atenção especial aos sistemas de ar-condicionado e iluminação, utilizando simulações termoenergéticas para garantir eficiência sem excesso de gastos. Além disso, iniciativas como pontos de recarga para carros elétricos e estímulo ao transporte compartilhado foram incorporadas.

O imóvel foi certificado com o mais alto nível do Leadership in Energy and Environmental Design – LEED BD+C (nível Platinum), obtendo 33 dos 35 pontos referentes à energia e garantindo a redução de 48% de consumo relativo ao benchmark da ASHRAE. Assim, a sede alcançou a maior pontuação LEED da América Latina da época e continua sendo uma referência em responsabilidade ambiental no Brasil.

A preocupação com a sustentabilidade também se estendeu à escolha dos insumos utilizados na construção do edifício. Foram priorizados produtos regionais, com conteúdo reciclado e que atendessem aos limites internacionais de emissão de compostos orgânicos voláteis (COVs). No entanto, devido à produção de DAPs incipiente naquela época, a sede obteve sete pontos no item materiais do LEED. Isso evidencia os desafios enfrentados por empresas que buscam soluções inovadoras em um contexto de mercado em desenvolvimento.

A ACV original da sede, abrangendo os escopos A1-A3, considerando uma vida útil de 60 anos, resultou em um impacto de 341.006 quilos de dióxido de carbono equivalente (kgCO₂e).

Como forma de potencializar ainda mais a sustentabilidade na edificação, realizou-se uma simulação de melhorias no projeto. O objetivo foi identificar oportunidades para reduzir significativamente as emissões de carbono no projeto e alcançar um novo patamar de sustentabilidade. A simulação envolveu a substituição de materiais por alternativas de baixo carbono com DAP, explorando o potencial de redução do carbono incorporado. Todos os materiais do *baseline*, os materiais com DAP e suas respectivas especificações técnicas estão apresentados na Tabela 3.

CATEGORIA	MATERIAL BASELINE	MATERIAL DO BASELINE	ESPECIFICAÇÃO DO BASELINE	MATERIAL COM DAP	ESPECIFICAÇÃO DA DAP
Infraestrutura	Aço	Aço CA-50	Aço CA-50 61% de conteúdo reciclado Densidade: 7900 kg/m ³	Vergalhão ArcelorMittal 50 S XCarb®	Aço CA-50 S 100% de conteúdo reciclado Densidade: 7850 kg/m ³
	Concreto	Concreto moldado <i>in loco</i>	fck: 30MPa Cimento CP-II Sem adição de escória Densidade: 2353 kg/m ³	Concreto Votorantim moldado <i>in loco</i> fck 30 MPa	fck: 30 MPa Cimento CP-II-E-40 15% de adição de escória Densidade: 2343 kg/m ³
Superestrutura	Aço	Aço CA-50	Aço CA-50 61% de conteúdo reciclado Densidade: 7900 kg/m ³	Vergalhão ArcelorMittal 50 S XCarb®	Aço CA-50 S 100% de conteúdo reciclado Densidade: 7850 kg/m ³
	Concreto	Concreto moldado <i>in loco</i>	fck: 40MPa Cimento CP-II 61% de conteúdo reciclado Densidade: 7900 kg/m ³	Concreto Spec- tra Votorantim moldado <i>in loco</i> fck 40 MPa	fck: 40MPa Cimento CP-II-E-40 15% de adição de escória Densidade: 2446 kg/m ³
Envoltória	Vidro	Vidro insulado incolor	Espessura: 8mm (4+4) Peso: 20,00 kg/m ²	Vidro Cebrace Metalizado <i>Off-line</i>	Espessura: 8mm (4+4) Peso: 20,00 kg/m ²
Interiores	Piso	Piso em azulejo cerâmico	Material: Cerâmico Espessura: 2mm Peso: 4,00 kg/m ² Selante: 0,5 kg/m ² e argamassa cimentícia	Piso vinílico LVT Ambienta Tarkett	Material: PVC Espessura: 5 mm Peso: 5,09 kg/m ² Adesivo acrílico: 3 kg/m ²

Tabela 3: Materiais utilizados no case

Os resultados apresentados na Tabela 4 destacam a redução do carbono equivalente resultante da simulação da substituição de cada material em relação ao impacto total do empreendimento. Essa análise compara os oito materiais, distribuídos em quatro categorias, seguindo a mesma metodologia adotada no capítulo anterior, porém, com quantidades diferentes.

CATEGORIA	MATERIAL	QUANTIDADE	EMIÇÃO INICIAL (kgCO ₂ e)	EMIÇÃO FINAL (kgCO ₂ e)	REDUÇÃO (kgCO ₂ e)	PERCENTUAL DE MELHORIA
Infraestrutura	Aço	2,11 ton	341.006,00	340.556,00	441,00	0,13%
	Concreto	26,84 m ³	341.006,00	333.724,00	7.283,00	2,14%
Superestrutura	Aço	13,77 ton	341.006,00	338.132,00	2.874,00	0,84%
	Concreto	258,30 m ³	341.006,00	251.227,00	89.779,00	26,33%
Envoltória	Vidro	170,16 m ²	341.006,00	329.677,00	11.330,00	3,32%
Interiores	Piso	239,82 m ²	341.006,00	339.628,00	113.086,00	0,40%
Total			341.006,00	227.921,00	113.086,00	33,16%

Tabela 4: Percentual de melhoria das emissões de carbono equivalente no case da sede do Grupo RAC

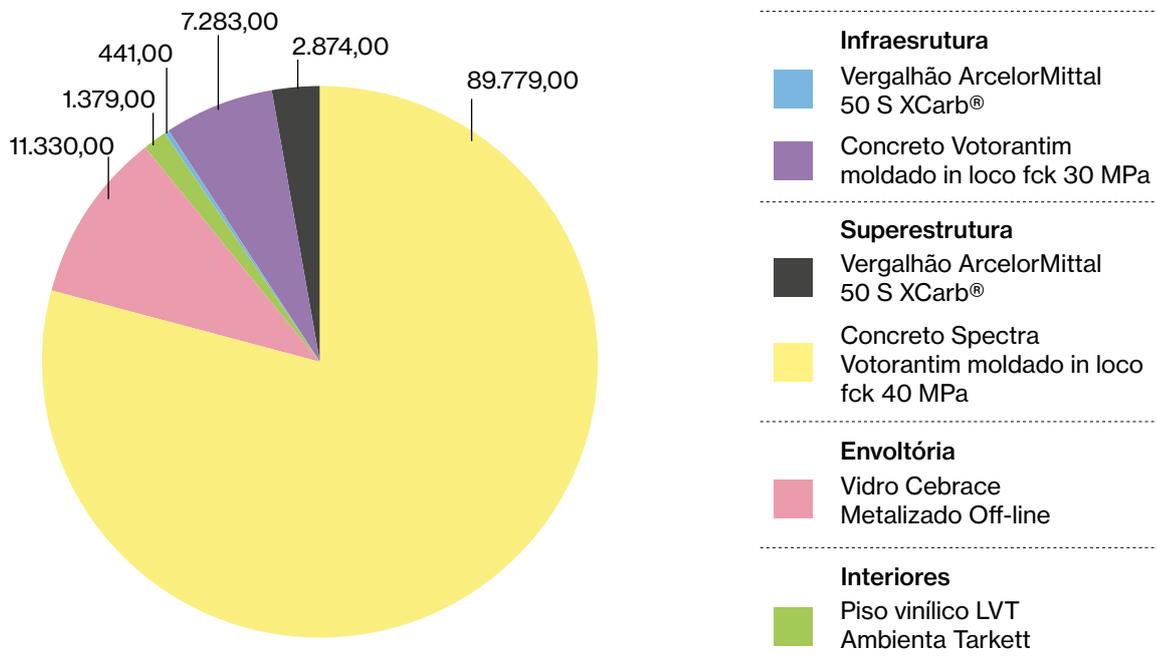


Gráfico 2: Redução das emissões por material em kgCO₂e.

Os percentuais de avanço, como indicados na tabela acima, são diferentes dos resultados mostrados no capítulo anterior por compararem a melhoria de cada material com relação aos impactos da edificação como um todo. Logo, a superestrutura apresenta um percentual superior aos demais por ter uma quantidade mais representativa de materiais onde foram aplicadas as melhorias.

De acordo com a Tabela 4 e com o Gráfico 2, a simulação que substituiu todo o aço da infraestrutura pela mesma quantidade de Vergalhão ArcelorMittal 50 S XCarb® (2,11 toneladas) resultou em um percentual de melhoria de 0,13% de emissões de CO₂e em relação ao impacto de toda a construção. Isso significa que as emissões foram reduzidas de 341.006,00 kgCO₂e para 340.556,00 kgCO₂e.

Para o concreto da infraestrutura utilizado na edificação (26,84 m³), foi simulada a substituição pelo concreto com DAP (Concreto Votorantim moldado *in loco* fck 30 MPa), garantindo uma melhoria de 2,14%, ou seja, de 341.006,00 kgCO₂e para 333.724,00 kgCO₂e. O cenário de substituição desses dois materiais da categoria de infraestrutura resultou em uma redução de 2,27% de carbono equivalente.

Para a superestrutura, a simulação da troca do aço pela mesma quantidade do Vergalhão ArcelorMittal 50 S XCarb® (13,77 toneladas) resultou em uma diminuição de 2.874,00 kgCO₂e, o equivalente a 0,84% das emissões totais da edificação. Do mesmo modo, a simulação da substituição de 258,30 m³ de concreto moldado *in loco* de 40 MPa pelo concreto Concreto Spectra Votorantim moldado *in loco* fck 40 MPa apresentou 26,33% de aperfeiçoamento. Assim, na categoria da superestrutura, houve uma melhora de 27,17% das emissões de carbono equivalente.

Para a envoltória, foi considerado apenas o cenário com o vidro das esquadrias de portas e janelas. Ao substituir o vidro insulado por vidro metalizado *off-line*, e mantendo o tipo de esquadria e a área (170,16 m²), observou-se

uma melhoria de 3,32%, o que equivale a uma redução de 11.330,00 kgCO₂e. Para a categoria de interiores, é possível verificar na tabela uma diminuição de 0,40% das emissões da edificação. Esse resultado se deve à simulação da substituição do piso cerâmico pelo piso vinílico.

O cenário, considerando a simulação da substituição dos seis materiais, resulta em uma redução de 113.086,00 kgCO₂e das emissões totais do projeto da sede do Grupo RAC. O que representa uma melhoria de 33,16%. Os resultados dos percentuais de redução de cada categoria bem como o resultado global, são demonstrados pelos Gráficos 3 e 4.

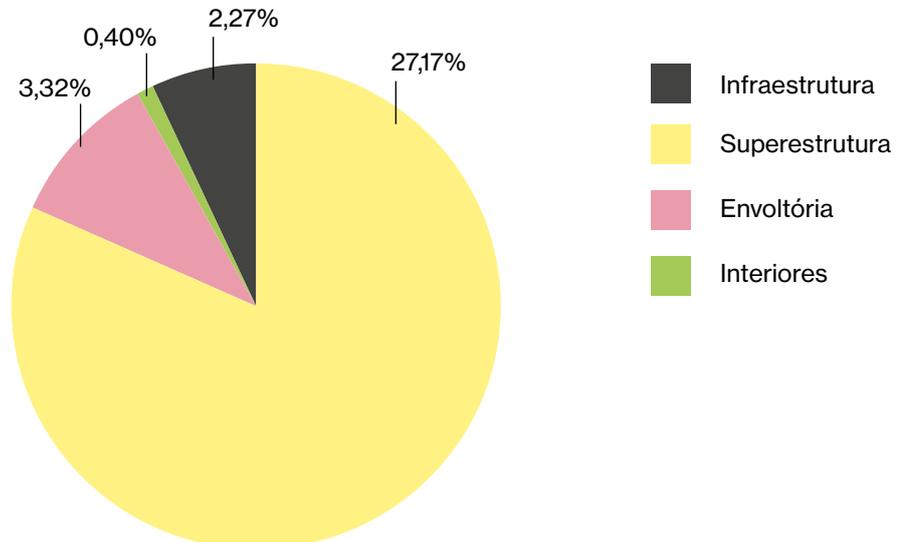


Gráfico 3: Percentual de melhoria das emissões por categoria

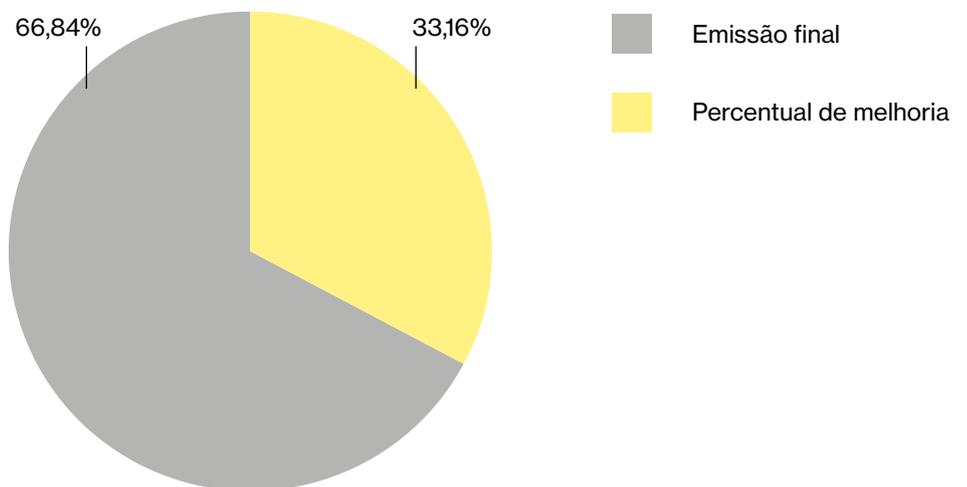


Gráfico 4: Resultado global da simulação da sede do Grupo RAC

6.1 CONSIDERAÇÕES POR CATEGORIA

6.1.1 INFRAESTRUTURA

A categoria de infraestrutura deve ser analisada de forma isolada por ser muitas vezes contratada separadamente e ter sistemas construtivos diferentes da superestrutura, como pré-moldados ou mistos.

Entre as diversas alternativas para a descarbonização na construção, destacam-se inovações para reduzir as emissões de CO₂ na infraestrutura. Isso inclui avanços na produção de cimento com nanotecnologia, pesquisas com materiais como o grafeno, uso de agregados reciclados, introdução de elementos mais leves e resistentes e mudanças nas fontes de energia. É importante notar que a evolução e o cálculo na resistência estão relacionados ao efeito conjunto dos elementos aço e concreto.

A metodologia de cálculo da infraestrutura utilizada neste estudo deve ser adaptada a cada empreendimento considerando a redução do peso das novas tecnologias e os sistemas aplicados na superestrutura. Por isso, a definição deve acontecer previamente à elaboração do cálculo estrutural.

6.1.2 SUPERESTRUTURA

A categoria de superestrutura deve ser analisada no modelo convencional, executada *in loco*, considerando as disponibilidades de DAPs em concreto e aço com processo de industrialização de baixo carbono.

Opções e inovações para redução do impacto de emissões de CO₂e na superestrutura referem-se ao sistema pré-moldado que não possui DAP e aos sistemas *offset*, como *wood frame*. Destaca-se também o sistema construtivo com madeira engenheirada com potencial de sequestro de carbono ainda não contabilizado em DAP no Brasil.

A metodologia de cálculo da superestrutura também precisa ser atualizada considerando a redução de massa e o peso do concreto, aços mais eficientes, sistemas de fachada e divisórias internas mais leves e lajes pré-fabricadas com agregados ou elementos, como bolas de plástico reciclado no sistema *bubble deck*, entre outros.

6.1.3 ENVOLTÓRIA

O vidro foi definido com proteção solar metalizada. Opções e inovações para a redução do impacto de emissões CO₂e referem-se à sistemas unitizados *offset* ou *glazing*, mas que não possuem DAPs no Brasil.

É frequente haver dificuldade em parametrizar o resultado das emissões de GEE com a especificação de vidro de uso corporativo, já que a composição, o nível de proteção solar e a transmissão de luminosidade podem alterar esses impactos. Para essa definição, deve ser realizado um estudo de simulação energética e de conforto para determinar o tipo adequado de vidro (insulado ou laminado, por exemplo) para cada fachada de um empreendimento.

6.1.4 INTERIORES

Opções e inovações para diminuir o impacto das emissões de CO₂e envolvem o uso de revestimentos de parede, acabamentos e mobiliário feitos com materiais de renovação rápida, como o bambu, assim como a utilização de conteúdo reciclado e produzido localmente que tenha um design que permita a desmontagem. Apesar do estudo limitar-se a analisar a produção, vale destacar o investimento de indústrias de piso de carpete, vinílico ou laminado em utilizar matéria-prima reciclada, durabilidade do material prolongada e viabilizar a logística reversa.

6.2 BENCHMARK

O estudo realizado pela World Business Council for Sustainable Development (2021) definiu um valor médio de emissões das edificações para ilustrar alguns dos atuais desafios, barreiras e oportunidades relacionadas com a pegada de carbono dos edifícios. Os resultados fornecem uma visão sobre o desempenho atual da indústria em relação a possíveis trajetórias de emissões líquidas zero e identifica alguns passos plausíveis para contribuir com a jornada do setor em direção à descarbonização total.

Desta forma, as simulações realizadas no case da sede do Grupo RAC garantiram juntos uma redução de 33,16% das emissões, resultando em um impacto de 227.921,00 kgCO₂e de todo o empreendimento. Considerando a unidade funcional de área construída, as emissões de carbono equivalem a 272,62 kgCO₂e/m². Esse valor está 48,07% abaixo do benchmark estabelecido pela WBCSD, que define a quantidade de 525,00 kgCO₂e/m² para o estágio de produto (A1-A3), para novos escritórios na fase de produto, comprovando a eficiência da descarbonização com a utilização de materiais estratégicos com DAP, que corroboram com as metas de descarbonização estabelecidas.

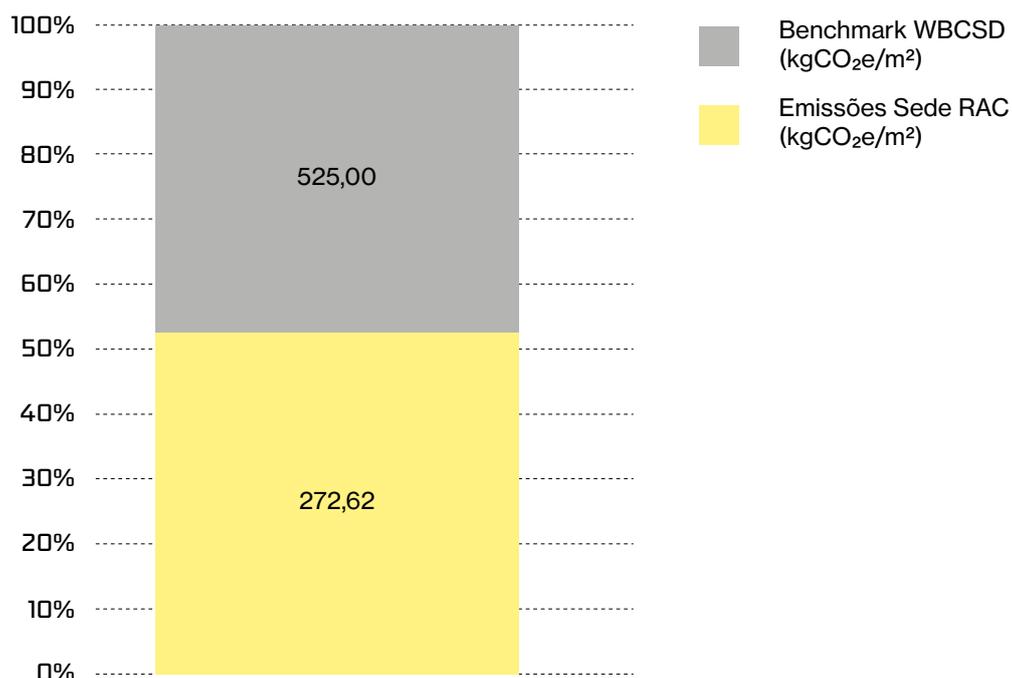


Gráfico 5: Comparação entre o benchmark WBCSD e o case de estudo.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresenta resultados que corroboram com a tese levantada de que a descarbonização de materiais e produtos na construção civil garante uma redução significativa das emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes do carbono incorporado. Esses resultados são respaldados e documentados em Declaração Ambiental de Produto (DAP).

Além disso, o trabalho destaca a importância da redução da emissão de carbono incorporado, principalmente no estágio de produto, pois é no início dos projetos que ocorre o maior impacto nesse escopo.

A redução do carbono incorporado traz benefícios significativos, como a diminuição da emissão de GEE e a melhoria da imagem de empresas, demonstrando compromisso com a sustentabilidade.

Assim, o estudo ressalta o potencial de redução do carbono como uma ação essencial para um futuro mais sustentável e reforça o compromisso do Grupo RAC com a responsabilidade ambiental.

A Figura 2 apresenta os resultados do estudo dos materiais separadamente. Esses efeitos expressivos indicam que há uma grande oportunidade para a descarbonização no processo produtivo de materiais. Isso deve ser um estímulo para que os fornecedores da construção civil revisem seus processos, desde os estágios iniciais de construção até o fim de vida e circularidade.

INFRAESTRUTURA	Porcentagem de melhoria
Aço	62,41% ▼
Concreto	48,08% ▼
SUPERESTRUTURA	
Aço	62,41% ▼
Concreto	53,26% ▼
ENVOLTÓRIA	
Isolamento	62,33% ▼
Vidro	7,85% ▼
INTERIORES	
Piso	47,34% ▼
Forro	79,89% ▼

Figura 2: Percentual de melhoria das emissões de carbono dos materiais separadamente

Ao basear as decisões do projeto em dados de materiais com pegada de carbono rastreada, é possível inferir que essas escolhas melhoram significativamente o desempenho ambiental da construção. Por isso a importância de priorizar esses materiais nas fases iniciais de concepção.

A Figura 3 apresenta os resultados da descarbonização no case da sede do Grupo RAC, para as quatro categorias.

Categoria	Porcentagem de melhora
Infraestrutura	2,27% 
Superestrutura	27,17% 
Envoltória	3,32% 
Interiores	0,40% 
Total	33,16% 
Redução Benchmark	48,07% 

Figura 3: Resultados de redução de carbono equivalente da sede do Grupo RAC

A simulação da substituição total dos oito materiais-base deste estudo demonstrou que, se aplicadas efetivamente, permitiriam que 33,16% de emissões de carbono equivalente fossem evitadas no case da sede do Grupo RAC. Este resultado representa uma redução de 48,07% em relação ao Benchmark da WBCSD.

Esse resultado expressivo da simulação da substituição de materiais com processos descarbonizados demonstra a importância de especificações mais conscientes por parte de todos os profissionais da cadeia da construção civil.

Desse modo, é possível concluir que a simulação da substituição de materiais como o aço e concreto por suas opções descarbonizadas colabora de forma expressiva com a redução da emissão de gases de efeito estufa, tanto pelo volume significativo do material na construção, quanto pelo fator de emissão elevado.

Os materiais de baixo carbono deste estudo têm diferentes impactos quando aplicados a outras tipologias de edifícios ou características, como proporção da estrutura, uso de vidros na fachada e tecnologias aplicadas ou não. É possível perceber com esta análise que, mesmo sendo a sede do Grupo RAC uma referência em sustentabilidade, ainda há oportunidades de melhoria. Durante o período de construção, quase não existiam no Brasil iniciativas

para reduzir as emissões de gases de efeito estufa ou para implementar práticas de descarbonização, incluindo a publicação de DAPs por parte dos fornecedores. Isso pode justificar o índice de 33,16% de emissões que poderiam ter sido evitadas se as medidas apresentadas tivessem sido adotadas durante a concepção do edifício.

Assim, a divulgação transparente dos resultados deste estudo visa estimular indústrias, comércios e serviços a descarbonizar suas edificações, conscientizando-os sobre o impacto do carbono incorporado. A investigação e o desenvolvimento devem concentrar-se nas áreas com maior impacto para impulsionar a descarbonização, embora os contribuintes menores não devam ser ignorados.

Visando atingir as metas globais estabelecidas rumo ao *Net Zero Carbon*, o estudo visa compreender, na fase de maior impacto ambiental, estratégias para evitar as emissões e destacar sua importância para além apenas da compensação. Portanto, é necessário utilizar esta informação na fase inicial do processo de tomada de decisão, quando a oportunidade de mitigar as emissões de carbono ao longo da vida útil da edificação é maior.

Após a implementação das estratégias possíveis de descarbonização, oportuniza-se a neutralização das emissões residuais de carbono. Desta forma, a compensação delas consiste em uma ferramenta adicional, e não exclusiva, equilibrando as emissões residuais minimizadas e tendo como fim um ambiente global construído com emissões líquidas zero.

A análise apresentada demonstra o potencial da descarbonização na construção civil para reduzir as emissões de GEE e construir um futuro mais sustentável. Assim como a escolha de materiais com baixo carbono incorporado e a adoção de práticas sustentáveis em todas as fases dos projetos são essenciais para alcançar esse objetivo.

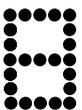
O Grupo RAC segue comprometido em contribuir com a descarbonização do setor por meio de iniciativas que visem minimizar tanto o impacto do carbono incorporado, que é o foco deste estudo, quanto em definir e implementar estratégias que reduzam o carbono operacional. Além disso, entende a importância de engajar a cadeia de valor no seu compromisso de criar lugares que mudam o mundo.

7.1 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

O estudo realizado apresenta algumas delimitações quanto aos resultados apresentados.

- Embora o foco deste estudo seja o carbono incorporado, estudos e pesquisas sobre o carbono operacional são igualmente relevantes.
- A produção de DAPs pela indústria precisa de incentivo para acuidade de cálculo de emissões no mercado brasileiro, da mesma forma, ACVs são ferramentas de quantificação de impacto ambiental relevantes para validar os esforços do setor da construção civil e do setor empresarial na comunicação de seus resultados e metas de descarbonização.

- A análise econômica não foi contemplada neste estudo, mas não deve ser desconsiderada. Mas deve contemplar os *tradeoffs* relativos à redução de emissões totais da edificação, em sua compensação e oportunidades de ganhos no mercado de carbono.
- Este estudo contemplou oito materiais diferentes com DAP, entretanto, existem declarações de outros insumos que também podem ser analisadas.
- O dióxido de carbono é o mais conhecido gás de efeito estufa, mas outros gases como metano, óxido nitroso, ozônio e halogenados, juntamente com as emissões de compostos orgânicos voláteis e contaminantes, como ureia-formaldeídos, fosfatos e outras substâncias da *red list*, também impactam os produtos de forma significativa. Essas emissões são igualmente importantes e devem ser rastreadas para garantir a conformidade com especificações que promovam a saúde da população.
- A mitigação de emissões de GEE é benéfica para as pessoas tanto quanto é para o meio ambiente, reduzindo poluição atmosférica e contaminantes que geram doenças respiratórias, além do impacto da crise climática com eventos extremos que geram prejuízos ambientais e sociais.
- O resultado de descarbonização apresentado no case é singular, ou seja, é específico para a edificação em questão, visto que os valores são diretamente relacionados ao quantitativo de cada material. Portanto, a aplicação das mesmas estratégias em outra edificação não garante o mesmo resultado.
- Com o intuito de não distorcer os resultados, o case não contemplou a análise do forro e do isolamento, devido ao projeto arquitetônico analisado não conter materiais similares para que a substituição fosse possível e comparável. Além disso, o piso de granitina existente na sede não foi contemplado devido a inconsistência de dados de cálculo de emissões desse material, portanto, considerou-se apenas o piso cerâmico.



GLOSSÁRIO

Principais terminologias relacionadas às ações de redução das emissões de gases de efeito estufa utilizadas neste estudo de acordo com a Bureau Veritas, organização internacional de certificação em normas de qualidade.

ACV (AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA)

É uma técnica normativa desenvolvida para verificar o impacto de produtos e edificações no meio ambiente, analisando desde a extração do material até seu fim de vida.

CARBONO EQUIVALENTE

Unifica todos os gases do efeito estufa em uma única unidade, fazendo-os equivaler ao CO₂.

CARBONO INCORPORADO

Trata-se da emissão de carbono desde a extração, a produção e o transporte

de materiais de uma obra até sua instalação. Pode ser evitado na fase de projeto, de acordo com especificações de baixo carbono.

CARBONO NEUTRO

Refere-se à neutralização da quantidade de CO₂ emitida, seja através da eliminação das emissões, da compensação por meio de projetos de redução de emissões ou da aquisição de créditos de carbono, alcançando assim um equilíbrio entre as emissões e as remoções de carbono da atmosfera.

CARBONO NEGATIVO

É o passo seguinte ao carbono neutro e significa não só controlar a emissão de dióxido de carbono, mas remover mais do que se emite.

CARBONO OPERACIONAL

Corresponde à emissão de carbono durante a fase de operação do edifício. Pode ser evitado em parte durante a fase de projeto com sistemas de eficiência energética, redução de consumo e uso de energias renováveis.

CRÉDITOS DE CARBONO

É a moeda utilizada no mercado de carbono. Criada a partir do Protocolo de Kyoto, em 1997, representa a não emissão de dióxido de carbono na atmosfera. A cada tonelada não emitida, gera-se um crédito de carbono.

DAP (DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO) OU EPD EM INGLÊS

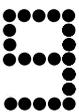
Rótulo que determina os impactos ambientais de um produto. A análise é baseada na ACV de um material em específico.

NET ZERO

Alcançar o Net Zero implica em evitar a emissão adicional de gases de efeito estufa compensando as emissões existentes para alcançar um equilíbrio neutro. Isso também inclui a eliminação das emissões indiretas ao longo da cadeia de valor da cadeia de valor.

PEGADA DE CARBONO

É o cálculo da emissão total de gases de efeito estufa associada às atividades humanas no planeta, podendo ser de indivíduos, atividades, empresas, organizações ou governos.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040:2009**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044:2009**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009.

BUREAU VERITAS. **Entenda os termos mais comuns em carbono e redução de emissões de gases de efeito estufa**. 2022. Disponível em: <https://www.bureauveritas.com.br/pt-br/magazine/entenda-os-termos-mais-comuns-em-carbono-e-reducao-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa>

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 15978:2011**: Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method. [s.l.] British Standards Institution, 2011.

RED LIST. **2023 LBC Red List CASRN Guide**. 2023. Disponível em: <https://living-future.org/red-list/#red-list-and-watch-list-casrn-guide>

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector**. Nairobi. 2022.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Net-zero buildings Where do we stand?** Londres. 2021.



GRUPO RAC

Av. Pref. Erasto Gaertner, 819
Bacacheri - Curitiba/ PR
raceng.com.br
bproeng.com
hiexempreendimentos.com.br

