



LOGÍSTICA E TRANSPORTE NO SETOR FLORESTAL E MERCADO DE CARBONO

PREFÁCIO

Prezado leitor, temos a satisfação de apresentar esta cartilha dedicada ao tema **Logística e Transporte no Setor Florestal**, uma pauta cada vez mais estratégica no contexto da sustentabilidade e da transição para uma economia de baixo carbono.

A Associação Mineira da Indústria Florestal (AMIF), comprometida com o desenvolvimento responsável do setor e com a promoção de soluções alinhadas aos desafios climáticos globais, reconhece que a logística e o transporte desempenham papel fundamental na eficiência das cadeias produtivas florestais. Ao mesmo tempo, essas atividades representam uma importante frente de atuação para a redução de emissões de gases de efeito estufa e para o avanço das estratégias de descarbonização.

Esta publicação tem como objetivo apresentar, de forma clara e objetiva, o panorama da logística e do transporte florestal sob a perspectiva do Mercado de Carbono. Ao longo do material, são discutidos aspectos regulatórios, instrumentos de mensuração e oportunidades para que empresas do setor avancem na gestão de suas emissões e na adoção de práticas mais eficientes e sustentáveis.

Convidamos você, leitor, a conhecer este conteúdo e a refletir sobre as oportunidades que a inovação logística e a descarbonização podem gerar para o setor florestal.

Boa leitura.
AMIF.

Publicação: Associação Mineira da Indústria Florestal (AMIF);

Primeira edição: Novembro de 2024;

Elaboração: Murillo Ferreira (Celo4);

Coordenação técnica: Laura Lima (AMIF);

Edição e revisão: Laura Lima & Marcela Vouguinha;

Projeto gráfico e diagramação: Yes!Uai Comunicação e Design.

INTRODUÇÃO

O Mercado de Carbono, cujos principais conceitos estão bem apresentados no material elaborado e divulgado pela AMIF, em dois volumes, intitulado: O QUE É E COMO SE INSERIR NO MERCADO DE CARBONO, Volume I e II (AMIF, 2023), é tema que ganha cada vez mais destaque. Seja pelo cenário atual, antecedente e pós a realização da COP 30 no Brasil, seja pelos avanços regulatórios, ou seja pelas inovações tecnológicas e práticas de gestão, fato é: o tema se aproxima de nosso dia a dia.

Sim, Mercado de Carbono não é mais restrito aos especialistas e a poucos nichos do empreendedorismo. Qualquer setor econômico, que queira ser competitivo, no País, ou, mais destacadamente, no exterior, não só precisa se inserir no Mercado de Carbono, como pode fazê-lo, com baixo valor de investimento, e, ainda, com boas probabilidades de se ter um bom retorno.

Essa publicação tentará demonstrar que os caminhos não são complexos, estão ao alcance de todos e os resultados são promissores, especialmente para o Setor Florestal na pauta da Logística e Transporte.



O QUE É E COMO SE INSERIR NO MERCADO DE CARBONO

Volumes I e II

AMIF (2023)



INTRODUÇÃO

A pauta, Logística, como a gestão de todo o processo de movimentação de bens e serviços da atividade (especial atenção para itinerários); e, Transporte, como movimentação física dos veículos (características da frota e operação) é destaque pelo resultado muito positivo no balanço investimento versus retorno no Mercado de Carbono, demonstrável por três questões.

Primeiramente, como é notório, temos que, toda atividade econômica, se submetida a análise de ciclo de vida, desde a mais simplória à mais detalhada, depende ou se relaciona, em todas as etapas, com a logística e transporte. Tal condição faz com que qualquer ação implementada para a descarbonização nessa pauta, por mais simples que seja, multiplique-se por toda a cadeia. Obtendo-se, para o Setor Florestal, no cômputo geral, maiores valores para as emissões evitadas e para os créditos de carbono obtidos.

Segunda questão, para além do fator multiplicador de benefícios apontados, destaque para a facilidade de métricas, com as quais é possível aplicar o MRV – Monitoramento, Relato e Verificação. De fato, Logística e Transporte permitem facilidades para o diagnóstico/inventário, para o traçado de metas e das estratégias e para o engajamento e o monitoramento.



INTRODUÇÃO

Por fim, a partir da Logística e Transporte, pode-se vencer, conforme posto acima, parte de um dos principais desafios da abordagem do Escopo 3^[1], qual seja, lastro para o MRV. Lembrando que a gestão eficaz do Escopo 3 pode levar a melhorias na eficiência da cadeia de suprimentos, fortalecimento das relações com fornecedores, alinhamento com regulamentações globais e expectativas dos consumidores.

Dando assim as devidas referências e consolidando os fundamentos para as assertivas aqui postas, esse documento irá apresentar o cenário das emissões no Transporte e Logística Florestal, respaldando a importância de uma política de descarbonização. No contexto, faz a citação, com breves comentários, sobre os cenários econômicos, financeiros e regulatórios vigentes, aspectos institucionais, caracterização das emissões, caminhos da descarbonização e instrumentos de medição e governança. Apresenta, também, o cenário das boas práticas e tecnologias disponíveis para a redução de emissões, com citação de estudos de caso e exemplos reais (Anexo I), trazendo perspectivas e oportunidades para o Setor Florestal.

Empreendedores do Setor Florestal, associados da AMIF, temos que o recado é claro: estejam atentos. Reduzir às emissões de gases de efeito estufa em toda a cadeia produtiva já é uma questão regulatória e tende à aplicação de penalidade pecuniária, mas, principalmente, é também um diferencial competitivo em um mercado que, cada vez mais, valoriza a sustentabilidade e a inovação.

[1] Emissões indiretas que ocorrem na cadeia de valor da organização, de fontes não possuídas ou controladas por ela, incluindo fornecedores e uso de produtos vendidos, transporte de terceiros, viagens a negócios, entre outros.

(<https://amif.org.br/pt/publicacoes/>)

1) Cenário Regulatório, Econômico/ Financeiro e Institucional

Entre os avanços regulatórios recentes, o de maior evidência é, sem dúvidas, a Lei 15.042/2024, que institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Lei nº 15.042/2024 - SBCE), atualmente em fase de regulamentação. (BRASIL, 2024) Dentre os benefícios que a Lei traz para o Mercado de Carbono em território nacional, além da criação de segurança jurídica para o setor privado engajar-se em projetos de redução de emissões, tem-se a promoção da descarbonização por meio do modelo cap-and-trade^[2], que gera receita para empresas com excedentes de permissões e incentiva a inovação e a competitividade internacional ao alinhar o país com metas climáticas globais.

A Lei nº 15.042/2024 estabelece a estrutura para o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), e reconhece a coexistência de um mercado voluntário de carbono, prevendo sua integração ao registro central de créditos (Art. 14 e 15). Assim, empresas não obrigadas podem continuar compensando suas emissões, mantendo a integridade ambiental dos créditos voluntários.

Lembrando aqui que, ao regular e fiscalizar operadores com emissões de GEE acima de 10.000 tCO₂e/ano, o SBCE (Lei nº 15.042/2024 - BRASIL, 2024) alcançará empresas em diversos setores, sobretudo energia, mineração, indústria e transporte.

[2] Sistema de mercado que controla as emissões de gases de efeito estufa, estabelecendo um limite total de poluição ("cap") e permitindo que as empresas negociem entre si as permissões para emitir gases ("trade").

1) Cenário Regulatório, Econômico/ Financeiro e Institucional

A Lei oferece ainda benefícios fiscais ao qualificar créditos de carbono como valores mobiliários (Lei 15.042/2024, Art. 14), quando negociados no mercado financeiro e de capitais; já no Código Florestal, o crédito de carbono florestal é ativo transacionável com natureza de fruto civil (Art. 3º, XXVII, Lei 12.651/2012, com redação da Lei 15.042/202).

Complementarmente, especialmente para a nossa pauta, Logística e Transporte Florestal, tem-se, também recente, a Lei 14902 de 2024, que institui o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Programa Mover) e o Decreto Regulamentador.

Resumidamente, ao colaborar e sustentar muitas das ações para a descarbonização do transporte, a Lei do Mover estrutura-se sob um regime de incentivos à realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento para as indústrias de mobilidade e logística, com o amparo da criação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Industrial e Tecnológico (FNDIT). Ademais, contém nove incisos que definem as diretrizes do Programa, todas contendo elementos incrementais para um programa de descarbonização. Sem esquecer, de que há um capítulo inteiro com incentivos tributários para veículos sustentáveis, alimentando uma eventual ação de descarbonização com base na renovação de frota

Além disso, conforme orientam o Plano Nacional de Logística 2035 (ANTT, 2023) e o GLEC Framework v3.0 (2023), a expansão da intermodalidade, com maior integração entre rodovias, ferrovias e cabotagem, desponta como uma tendência relevante para reduzir a pegada de carbono por tonelada transportada.



1) Cenário Regulatório, Econômico/ Financeiro e Institucional

No contexto, como instrumento de incentivo, tem-se a redução, até isenção, de IPVA em 10 estados brasileiros, para veículos de menor emissão, conforme o quadro:

Quadro 1: Lista de Estados e Referências à redução ou isenção do IPVA

Fonte: Agora Motor (2025)

AL Alagoas	Isenção para veículos híbridos produzidos no estado.
Isenção para veículos elétricos adquiridos no estado.	BA Bahia
DF Distrito Federal	Isenção total para veículos 100% elétricos e híbridos, independentemente do ano de fabricação ou modelo.
Isenção para veículos elétricos e alíquota de 2,5% para híbridos.	MA Maranhão
MS Mato Grosso do Sul	Desconto de 70% para veículos elétricos e híbridos

1) Cenário Regulatório, Econômico/ Financeiro e Institucional

MG
Minas Gerais

Isenção para veículos híbridos produzi-
dos no estado.

Isenção total para veículos 100% elétri-
cos

PE
Pernambuco

RJ
Rio de Janeiro

Descontos progressivos para carros
eletrificados

Isenção para veículos 100% elétricos,
com alíquota de 3% para híbridos.

RS
Rio Grande
do Sul

SP
São Paulo

Isenção condicional para veículos
híbridos

Importante destacar ainda as recentes iniciativas do Ministério da Fazenda, com especial atenção para as diretrizes da Taxonomia Sustentável Brasileira (TSB)^[3], aprovada recentemente, que estabelece critérios para classificar atividades econômicas de acordo com seus impactos socioambientais e climáticos.

^[3] Ver TSB-Perguntas-e-Respostas-para-o-setor-privado.pdf

1) Cenário Regulatório, Econômico/ Financeiro e Institucional

A ferramenta orienta investidores e empresas na escolha de investimentos que realmente beneficiem o planeta e a sociedade, reduzindo os riscos do chamado "greenwashing" – prática em que companhias alegam adotar medidas sustentáveis, mas não as implementam de fato. A TSB abrange oito setores, organizados conforme a Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAEs), dentre eles florestal e transporte.

Uma atividade em conformidade com a taxonomia traz algumas vantagens como:

-  i. Ampliação do acesso a financiamentos;
 -  ii. Fortalecimento da reputação e da credibilidade;
 -  iii. Elevação da competitividade em nível global.
-

Ainda, dentre as iniciativas do Ministério da Fazenda, a criação da nova Secretaria Extraordinária do Mercado de Carbono, que tem como pauta a defesa de que o Brasil tenha uma bolsa de valores forte para o setor e clara visão de que os negócios na área funcionarão fortemente no país dentro de cinco anos.

O Ministério da Fazenda do Brasil é também coordenador do Círculo de Ministros de Finanças da COP 30, que reúne aproximadamente 35 países, além da colaboração de membros de organizações internacionais e

1) Cenário Regulatório, Econômico/ Financeiro e Institucional

grupos de assessoramento da sociedade civil, do empresariado e da área acadêmica. Nesse Círculo foi preparado relatório em apoio à Presidência da COP 30, que destaca o engajamento dos Ministros das Finanças na agenda climática e representa uma mudança de paradigma. O relatório traz experiências financeiras com foco na implementação e no pensamento sistêmico para a ação climática, aponta desafios e faz recomendações práticas em cinco eixos prioritários de atuação para a expansão do financiamento climático, tais como:

i.

Expansão do financiamento concessional e dos fundos climáticos;

ii.

Reforma dos Bancos Multilaterais de Desenvolvimento;

iii.

Criação de plataformas de país e fortalecimento da capacidade doméstica para atrair investimentos sustentáveis;

iv.

Desenvolvimento de instrumentos financeiros inovadores para mobilização de capital privado;

v.

Fortalecimento dos marcos regulatórios para o financiamento climático.

1) Cenário Regulatório, Econômico/ Financeiro e Institucional

Destaca-se ainda o Plano Fundo Clima do BNDES com a finalidade de aplicar parcela de recursos reembolsáveis do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC), ou Fundo Clima, criado pela Lei nº 12.114, de 9/12/2009, com sua regulamentação definida pelo Decreto nº 9.578, de 22/11/2018, e alterado pelo Decreto nº 11.549, de 05/06/2023. O Fundo Clima é um dos instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima, de natureza contábil, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente e com a finalidade de garantir recursos para apoio a projetos ou estudos e financiamento de empreendimentos que tenham como objetivo a mitigação das mudanças climáticas.

Há também, entre os instrumentos de incentivo e de regulação do mercado de carbono, normas técnicas e infralegais, como as normas contábeis NBC TDS 1 e 2, que dão sustentação às atividades que buscam demonstrar um compromisso crescente com a contabilização e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Registram-se ainda movimentos, programas e projetos.

Em especial, no âmbito do Ministério do Transporte, o lançamento do Programa MelhorAR, que busca reduzir o volume de poluentes atmosféricos provenientes de veículos de cargas e de passageiros, e seu conteúdo inclui emissões de GEEs.



Globalmente, como uma tradução de aplicação de barreiras não tarifárias para os produtos de exportação, temos que a Europa avança com regulações como a Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) e o Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), criando barreiras para empresas que não atendem a padrões sustentáveis.

1) Cenário Regulatório, Econômico/ Financeiro e Institucional

Esclarece-se que o CBAM entrou em fase transitória em 1º de outubro de 2023, exigindo apenas o relato trimestral de emissões incorporadas nas importações. A partir de 1º de janeiro de 2026, inicia-se a fase definitiva, com compra obrigatória de certificados de carbono equivalentes às emissões declaradas. (EUROPEAN COMMISSION, 2023)

Cabe citar também o movimento global Sustainable Procurement Pledge (Compromisso de Compras Sustentáveis), desde 2024 atuando no Brasil, que tem como objetivo principal atuar no fortalecimento de uma postura ambientalmente sustentável para as áreas de compras das empresas.

Nesse cenário, empresas do setor florestal que se anteciparem à transição terão vantagem competitiva. Lembrando que os padrões ISSB/IFRS S2^[4], incorporados ao arcabouço brasileiro pela Resolução CVM nº 193/2023, tornam-se obrigatórios para companhias abertas a partir de 1º de janeiro de 2026. Para as demais empresas, a adoção permanece voluntária, mas tende a se tornar requisito de mercado, o que pode representar barreira ou oportunidade, conforme o nível de preparo e de capacidade, reforçando o posicionamento do setor como protagonista nas soluções climáticas (ISSB/IFRS S2, 2023; BRASIL, 2024).

^[4] As normas IFRS S1 e S2 foram desenvolvidas pelo International Sustainability Standards Board (ISSB) e estabelecem diretrizes para a divulgação de informações financeiras relacionadas à sustentabilidade e aos riscos climáticos.

Elas visam aumentar a transparência e a comparabilidade das informações prestadas pelas empresas ao mercado, permitindo que os dados sejam claros, comparáveis e úteis para investidores.

1) Cenário Regulatório, Econômico/ Financeiro e Institucional

Adicionalmente, as iniciativas do setor florestal têm como referência a logística sustentável, combinando a captura natural de CO₂ com a inovação operacional e energética, que contribuem para alinhar o setor às metas nacionais de neutralidade e às exigências de seus principais mercados internacionais, conforme apresentado no quadro a seguir.

Quadro 2: Perspectivas e Oportunidades para o Setor Florestal no Mercado de Carbono

OPORTUNIDADE	ESTIMATIVA	POTENCIAL IMPACTO	REFERÊNCIAS/FONTES
Créditos de carbono logísticos	2-5 anos	Receita adicional em mercados regulado e voluntário; incentivo à descarbonização das cadeias de transporte	BRASIL (2024); ICAP (2024)
Biocombustíveis e biometano	3-8 anos	Redução direta de CO ₂ ; valorização de resíduos florestais como insumo energético regional	MME (2024); ABIogás (2024)
Eletrificação parcial da frota	5-10 anos	Redução de CO ₂ em rotas urbanas/curtas; estímulo à mobilidade de baixo carbono com apoio do Programa Mover (BRASIL 2024)	BRASIL (2024); BloombergNEF (2025)
Intermodalidade expandida	5-15 anos	Maior competitividade nas exportações e redução da intensidade de emissões (CO ₂ /t.km)	ANTT (2023); GLEC (2023)

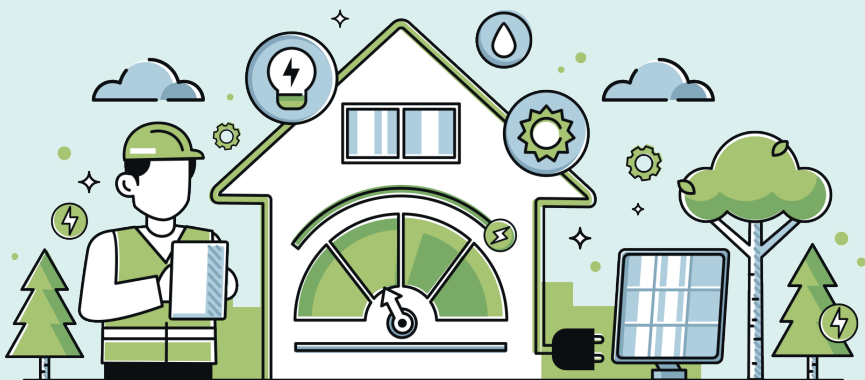
1) Cenário Regulatório, Econômico/ Financeiro e Institucional

OPORTUNIDADE	ESTIMATIVA	POTENCIAL IMPACTO	REFERÊNCIAS/FONTES
Gestão auditável e plataformas MRV	2–5 anos	Conformidade com SBCE, CBAM e CSDDD; transparência e rastreabilidade das emissões	BRASIL (2024); EU CBAM (2023); EU CSDDD (2023)
Integração de dados logísticos (CT-e/MDF-e)	2–4 anos	Inventários automatizados com baixo custo, alta rastreabilidade e segurança de dados	BRASIL (2024); Verden (2025)
Relato climático (ISSB/IFRS S2)	3–6 anos	Padronização global dos relatórios ESG; requisito para exportação e financiamento sustentável	IFRS Foundation (2023); CNI (2025)
Diferenciação competitiva em mercados internacionais	5–10 anos	Melhoria da imagem corporativa; acesso a contratos e cadeias de suprimentos com metas Net Zero	ISSB/IFRS S2 (2023); BRASIL (2024)

2) Panorama Estimativo do Mercado de Carbono

Em tão rico ambiente, com robustos instrumentos econômicos/financeiros, regulatórios e de segurança institucional, a mensuração econômica das emissões evitadas e a precificação do carbono são fatores determinantes para a viabilidade e sustentabilidade dos projetos de descarbonização logística, conforme previsto na já mencionada Lei nº 15.042/2024 – SBCE, que introduz mecanismos de precificação e negociação de permissões de emissão para setores estratégicos, incluindo transporte e energia.

Os créditos provenientes de redução de emissões em cadeias logísticas poderão se tornar ativos comercializáveis, seja no futuro mercado regulado, seja no mercado voluntário de carbono, que ainda está em fase de integração normativa. As estimativas disponíveis sugerem que preços em mercados regulados globais podem variar na faixa de dezenas de dólares por tonelada de CO₂e (ICAP, 2024) e que, no contexto brasileiro, projeções iniciais indicam valores substancialmente maiores, embora sem consenso público sobre os limites precisos (BNDES, 2024; BRASIL, 2024).



2) Panorama Estimativo do Mercado de Carbono

Para o setor florestal, a precificação das emissões evitadas no transporte abre espaço para novas receitas associadas à logística sustentável, tanto pela venda de créditos setoriais quanto pela redução do custo marginal de transporte por tonelada-quilômetro, obtida pela substituição de combustíveis fósseis e pela eficiência operacional. A integração entre plataformas de MRV e sistemas de contabilidade digital permitirá, em curto prazo, associar cada rota, modal e tipo de combustíveis a um valor financeiro de emissões evitadas, promovendo um modelo de transparência e monetização do carbono logístico.

Além do valor econômico direto, a precificação tem efeito estratégico sobre a competitividade internacional. Empresas que internalizam o custo de carbono antecipadamente reduzem o risco de barreiras tarifárias, já indicadas, e fortalecem sua posição em cadeias globais com metas Net Zero 2050. Assim, a economia da descarbonização logística deixa de ser um conceito abstrato e se consolida como instrumento financeiro estratégico: gera receitas, atrai capital verde, reduz riscos de exportação e contribui para o fortalecimento das cadeias produtivas florestais no Brasil.

CICLO DE CRÉDITO DE CARBONO



2) Panorama Estimativo do Mercado de Carbono

Quadro 3: Faixas de Preço do Carbono e Potencial de Receita Logística

FAIXA / VALOR ESTIMADO	FAIXA / VALOR ESTIMADO	POTENCIAL DE RECEITA OU IMPACTO	FONTES
Preço médio global do carbono (mercados regulados)	US\$ 35 a US\$ 65 / tCO ₂ e	Base de referência internacional para precificação de reduções logísticas	ICAP (2024)
Redução média estimada em transporte eficiente	10 a 25% das emissões logísticas	Equivalente a 0,15 a 0,40 tCO ₂ e por tonelada transportada/ano, dependendo do modal	GLEC (2023); ISO (2023)
Receita potencial em créditos de carbono logístico (empresa média)	R\$ 200 mil a R\$ 1,2 milhão/ano	Considerando 10 a 30 mil tCO ₂ e evitadas/ano em operações florestais integradas	Verden (2025); ICAP (2024)
Linhas de financiamento verde aplicáveis	Fundo Clima (BNDES), Programa Mover e CPR Verde	Apoio à eletrificação, biometano, frota híbrida e digitalização MRV	BNDES (2024); BRASIL (2024)

3) Alinhamento Institucional

A efetividade das ações de descarbonização logística no setor florestal depende diretamente do alinhamento com os marcos institucionais e políticos que orientam a política climática e de transporte sustentável no Brasil. O alinhamento entre essas instituições e as políticas corporativas de sustentabilidade cria o ambiente necessário para que o setor florestal avance de forma coordenada.

Nesse contexto, diferentes órgãos públicos assumem papéis específicos e complementares:

- **Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA):** coordena a política climática nacional e a integração entre os planos setoriais de mitigação e adaptação, incluindo o Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Sustentável (PSTM).



3) Alinhamento Institucional

- **Ministério dos Transportes (MT):** executa políticas voltadas à infraestrutura e inovação logística, incluindo o Programa MelhorAR e o Plano Nacional de Logística (PNL 2035), que traz metas de redução de emissões e ampliação da intermodalidade.
- **Infra S.A. e ANTT:** responsáveis pela modelagem técnica e econômica dos corredores logísticos, concessões e investimentos públicos e privados em transporte sustentável, com enfoque na integração de rodovias, ferrovias e portos.
- **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI):** responsável pelo inventário nacional de emissões e pela coordenação das metodologias oficiais de mensuração, relato e verificação (MRV).
- **Ministério da Fazenda (MF):** desenvolve, coordena e executa políticas no campo econômico/financeiro para o mercado de carbono e sustentabilidade.



4) Caminhos da Descarbonização Logística no Setor Florestal

O setor florestal tem papel estratégico na transição para uma economia de baixo carbono, tanto por sua capacidade natural de remoção de gases de efeito estufa quanto por sua relevância econômica.

Se, por um lado, o setor é amplamente reconhecido como um dos principais sumidouros naturais de carbono, dado o potencial de sequestro das florestas plantadas e nativas que compõem o estoque de carbono do país (AMIF, 2023). Por outro, o setor ainda enfrenta o desafio de reduzir as emissões indiretas (Escopo 3), especialmente aquelas associadas ao transporte e à logística, que permanecem entre os principais vetores de emissão da cadeia produtiva dos principais setores da economia brasileira e mundial (CNI, 2025; GLEC, 2023).



4) Caminhos da Descarbonização Logística no Setor Florestal

De fato, a indústria florestal, por envolver, não raro, longas distâncias, variação de modais e uma forte dependência do modal rodoviário, tem também nessa atividade um dos principais vetores de emissões do setor. Isso faz com que as emissões de gases de efeito estufa (GEE) do setor, considerando o Escopo 3, sejam, por consequência, significativas.

Com base neste cenário e nas pesquisas e estudos que serão apresentados nos capítulos seguintes, podemos classificar como principais fontes de emissões do setor:

- **As ineficiências operacionais**, como viagens com caminhões vazios, roteirização mal planejada e baixa taxa de aproveitamento da carga, identificadas por estudos setoriais e metodologias internacionais, como o GLEC FRAMEWORK (2023), que considera esses fatores na mensuração da intensidade de emissões, e o BLOOMBERGNEF (2025), que analisa o impacto da eficiência operacional e tecnológica na redução das emissões do transporte.
- **As emissões originadas pela queima de combustíveis fósseis usados na frota rodoviária**, que representam parcela expressiva da intensidade de emissões^[5] de CO₂e, conforme apontam o GLEC Framework (2023) e a norma ISO 14083:2023, que estabelecem diretrizes para quantificação das emissões de GEE no transporte de cargas (GLEC, 2023; ISO, 2023).

^[5] Indicador que relaciona a quantidade de GEE emitida à atividade de transporte realizada, normalmente expressa em kg CO₂e/t.km, conforme a ISO 14083:2023. Representa a eficiência climática do transporte. Quanto menor o valor, menor o impacto por unidade transportada.

4) Caminhos da Descarbonização Logística no Setor Florestal

- **As emissões das atividades logísticas auxiliares**, como armazenagem, movimentação de carga e transbordo, que adicionam emissões diretas e indiretas associadas ao consumo de energia e refrigeração, por exemplo, segundo os padrões do GHG Protocol Corporate Value Chain - Scope 3 Standard (2011), da norma ISO 14083:2023 e das diretrizes da EUROPEAN COMMISSION (2020).

Já no processo de medição da redução efetiva das emissões, independentemente da fonte, a rastreabilidade constitui o elemento central de verificação e credibilidade, especialmente com a montagem e operação de uma governança corporativa, condição *sine qua non*, para o acesso a mercados mais exigentes. O método internacionalmente reconhecido para esse fim é o MRV (Monitoramento, Relato e Verificação), amplamente adotado como referência pelas normas ISO 14083:2023 e GLEC Framework (2023). Assim, empresas que adotam plataformas digitais de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV) passam a atender simultaneamente às exigências nacionais, como o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (Lei nº 15.042/2024 - SBCE) (BRASIL, 2024), e internacionais, incluindo o Mecanismo de Ajuste de Carbono nas Fronteiras (CBAM) e a Diretiva Europeia de Diligência Sustentável (CSDDD) (BRASIL, 2024; EU CBAM, 2023; EU CSDDD, 2023).

Portanto, é preciso tratar a redução de emissões sob a ótica da eficiência operacional (GLEC Framework, 2023; GHG Protocol, 2011), sem deixar de reconhecer a possibilidade de que, grande parte das emissões, pode não estar sob controle direto da indústria florestal, mas sim sob responsabilidade de terceiros, especialmente quando consideramos que as emissões do setor estão distribuídas entre os Escopos 1, 2 e 3 conforme normas do GHG Protocol (2011) e da ISO 14064-1 (2018). Outro fator relevante é a integração



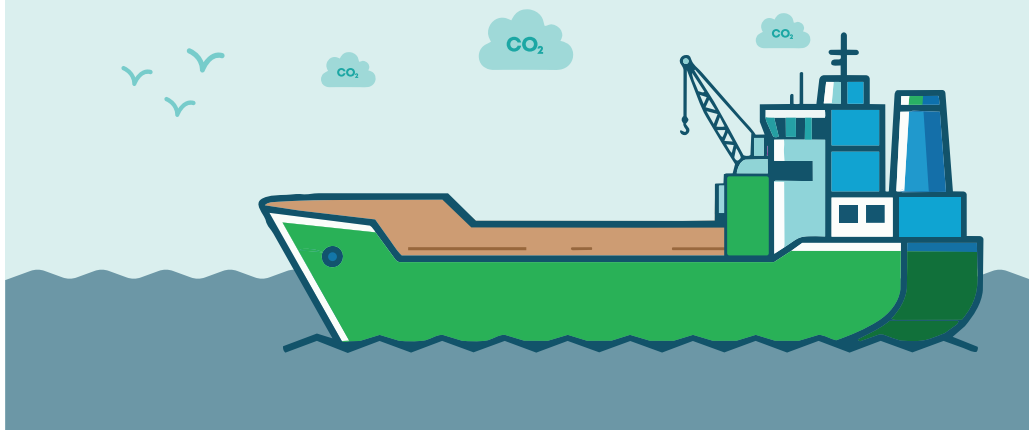
4) Caminhos da Descarbonização Logística no Setor Florestal

entre dados logísticos (rotas, consumo, emissões) e documentos fiscais oficiais (CT-e, MDF-e), que possibilita inventários automatizados com baixo custo, alta rastreabilidade e consistência regulatória.

Essa disponibilidade facilita a criação de inventários de emissões mais precisos, com agilidade e baixo custo. Como resultado, a indústria florestal ganha mais um aliado nos diagnósticos e consegue traçar metas claras e viáveis de descarbonização.

Para o setor florestal, esse modelo pode ser estruturado com base em dados operacionais simples, que já estão disponíveis nas operações do dia a dia, tais como: as informações de cada viagem (origem, destino, distância percorrida, peso/volume transportado e tipo de veículo); os fatores de emissão por tipo de combustível (gasolina, etanol, GNV, diesel, biodiesel, biometano, eletricidade, etc.) e também por tipo de modal (rodoviário, ferroviário, aquaviário/hidroviário, aéreo e dutoviário).

Além disso, uma vez que as emissões são medidas por viagem associadas a indicadores complementares e auxiliares, é possível identificar rotas críticas, encontrar pontos de melhoria e analisar o impacto real de cada iniciativa de eficiência ou troca de combustível. Esse nível de detalhe tem potencial para posicionar a indústria florestal de forma estratégica e favorável frente às exigências regulatórias e às expectativas cada vez maiores de clientes nacionais e internacionais por maior transparência nas emissões.



4.1) A Contribuição da Descarbonização no Combate às Ineficiências Operacionais da Logística

A melhoria da eficiência operacional é pedra fundamental da descarbonização da logística. Antes mesmo da adoção de novas tecnologias energéticas, ações voltadas à otimização das operações de transporte podem gerar reduções expressivas das emissões e dos custos operacionais.

Um dos principais caminhos é a roteirização inteligente e a otimização de frotas, por meio do uso de sistemas de planejamento logístico capazes de reduzir distâncias desnecessárias, eliminar deslocamentos redundantes e evitar rotas ineficientes. Essa abordagem, além de diminuir o consumo de combustível, melhora a produtividade do veículo e o aproveitamento da jornada (GLEC, 2023; BLOOMBERGNEF, 2025).

Outra frente importante é a redução de viagens em vazio (backhaul), prática que busca aproveitar os retornos dos veículos para transportar insumos, resíduos ou produtos complementares. Além de representar economia



4.1) A Contribuição da Descarbonização no Combate às Ineficiências Operacionais da Logística

direta em combustível e tempo, o backhaul contribui para reduzir a intensidade de emissões por tonelada transportada (GLEC, 2023). Nesse contexto, a logística reversa tem aplicações práticas bem-sucedidas no transporte em diversos setores da economia, conforme destacado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2022; 2025). Ou seja, considerar o planejamento de rotas para consolidar as cargas de retorno e o aproveitamento da rodagem vazia das frotas para recolher embalagens, resíduos e insumos tem se mostrado uma estratégia eficaz para a sustentabilidade industrial.

A capacitação dos motoristas é também importante fator operacional para a descarbonização. Pesquisas internacionais indicam que programas de condução econômica podem reduzir o consumo de combustível entre 12% e 15%, dependendo da tecnologia embarcada e do acompanhamento contínuo dos motoristas (ICCT, 2021; CORNELL UNIVERSITY, 2021). Dados confirmados pelo Serviço Social do Transporte e o Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte (SEST SENAT), comprovam que programas de capacitação em ecoeficiência veicular e condução econômica contribuem para maior segurança viária e menor desgaste de componentes, promovendo assim um grau de redução de consumo de combustível em até 12% ou mais (SEST SENAT, 2019; ICCT, 2021).



4.1) A Contribuição da Descarbonização no Combate às Ineficiências Operacionais da Logística

Fato é que, motoristas, operadores logísticos, mecânicos e gestores de frota assumem papel estratégico também na redução das emissões, sendo assim responsáveis por aplicar práticas de condução eficiente, manutenção preventiva e uso racional de combustíveis. Cita-se assim, as iniciativas do Sistema CNT/SEST/SENAT, como o Programa Caminhoneiro Eficiente e o Programa de Formação Verde, reforçando o papel do capital humano como vetor de competitividade e sustentabilidade. Essas ações se articulam com os compromissos de descarbonização previstos na PNMC (BRASIL, 2009), com as metas da NDC (BRASIL, 2023), e estão em consonância com o conceito de Just Transition (Transição Justa) da Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2024). Portanto, a inclusão de políticas de formação e certificação profissional em sustentabilidade, tanto para operadores quanto para gestores é fundamental para consolidar uma cultura logística verde, que reconhece o valor do conhecimento técnico e humano como ativo para a economia de baixo carbono.



4.1) A Contribuição da Descarbonização no Combate às Ineficiências Operacionais da Logística

Ainda na esfera da descarbonização, mediante o combate às ineficiências operacionais, é de extrema relevância a menção às práticas de gestão de pneus e manutenção preventiva. Elas melhoram o desempenho energético da frota e reduzem as emissões de forma consistente, como reconhecem tanto o GLEC Framework quanto as diretrizes corporativas da UPM (GLEC, 2023; UPM, 2023).

Quadro 4: Ganhos médios estimados em eficiência operacional

POTENCIAL DE REDUÇÃO (%)		
PRÁTICA	POTENCIAL DE REDUÇÃO (%)	FONTE
Direção econômica	12-15%	CORNELL UNIVERSITY (2021)
Otimização de rotas	5-10%	GLEC (2023)
Redução de viagens vazias	5-8%	GLEC (2023)

4.2) Descarbonização das Emissões Originadas pela Queima de Combustíveis Fósseis usados na Frota Rodoviária

A transição para uma logística de baixo carbono passa necessariamente pela adoção de tecnologias energéticas mais limpas e pela diversificação da matriz de combustíveis. No contexto do transporte florestal, essas soluções não apenas reduzem a intensidade de emissões, mas também aumentam a segurança energética e a competitividade das operações. (MME, 2024; CNI, 2025)

A adoção de tecnologias energéticas de baixo carbono, descritas a seguir, soma-se às iniciativas de aprimoramento operacional, conforme destacam o Panorama do Biogás 2024 (ABIOGÁS, 2024), o Electric Vehicle Outlook 2025 (BLOOMBERGNEF, 2025) e as políticas públicas de incentivo estabelecidas pelo Programa Mover (BRASIL, 2024).

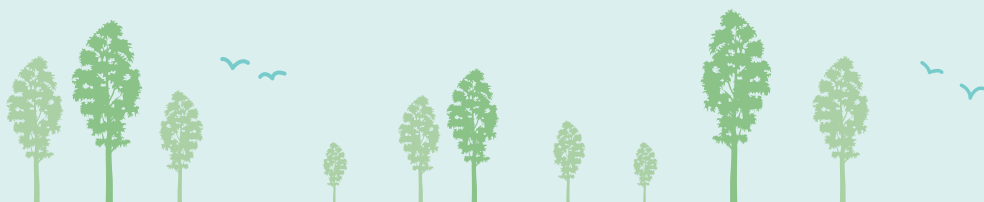


4.2) Descarbonização das emissões originadas pela queima de combustíveis fósseis usados na frota rodoviária

Dentre as tecnologias energéticas, destacam-se as seguintes rotas:

- **Biocombustíveis e Biometano:** O aumento do uso de biocombustíveis avançados e biometano em rotas regionais representa um passo relevante na substituição parcial dos combustíveis fósseis. Além de reduzir emissões diretas de CO₂, essa abordagem possibilita o aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais como insumos energéticos, gerando valor circular e local.
- **Eletrificação da Frota:** A eletrificação gradual do transporte em trechos urbanos e de curta distância vem ganhando força com políticas públicas como o Programa Mover e incentivos estaduais, incluindo isenções de IPVA e linhas de financiamento verde (BRASIL, 2024; BLOOMBERGNEF, 2025). Essa transição tecnológica permite reduções diretas de CO₂ e contribui para a consolidação de corredores logísticos sustentáveis.
- **Expansão da Intermodalidade/Logística Sustentável:** A ampliação do uso de ferrovias e cabotagem, em complemento ao transporte rodoviário, é uma das medidas mais eficazes para reduzir a intensidade de emissões (CO₂/t.km) e aumentar a competitividade nas exportações, conforme previsto no Plano Nacional de Logística 2035 (ANTT, 2023) e no GLEC Framework v3.0 (2023). Assim como a implementação de zonas logísticas sustentáveis em retroáreas portuárias, com geração de energia renovável e uso de veículos de baixa emissão.

Apresentamos a seguir o cenário e o contexto técnico e institucional de cada uma dessas rotas, que podem significar um avanço considerável na agenda de descarbonização.



4.2.1) Biocombustíveis e Biometano

Os biocombustíveis representam uma das portas de entrada mais promissoras para a descarbonização do transporte rodoviário no setor florestal, pois podem ser incorporados de forma gradual à frota existente, aproveitando a infraestrutura logística e os motores já em operação. No Brasil, a política de biocombustíveis tem avançado com cautela, sob supervisão do Ministério de Minas e Energia (MME) e da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), que desde 2023 vêm revisando as especificações de qualidade e oxidabilidade do biodiesel (ANP, 2023).

O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) estabeleceu o cronograma para aumento progressivo da mistura obrigatória, visando atingir B15, conforme a Resolução nº 8 de 25 de junho de 2025 (CNPE, 2025). A ampliação tem sido objeto de debate técnico entre montadoras, produtores e reguladores, devido a preocupações com armazenamento, estabilidade e durabilidade dos motores (ICCT, 2021).

Na esfera internacional, estudos técnicos e revisões indicam que misturas com alto teor de biodiesel tendem a apresentar maior tendência à oxidação



4.2.1) Biocombustíveis e Biometano

e formação de depósitos orgânicos, o que pode causar entupimentos em filtros e comprometer a eficiência de injeção. A ANP reforçou esse ponto ao atualizar suas normas de qualidade, destacando a necessidade de controle de umidade, estabilidade oxidativa e teor de glicerina, fatores que influenciam diretamente o desempenho e a vida útil dos motores (ANP, 2023).

Automotores (ANFAVEA, 2024), misturas acima de B15 não são recomendadas para operação comercial em larga escala, devendo ser restritas a projetos-piloto com monitoramento técnico. Esses alertas se baseiam em testes que mostraram aumento da formação de goma e redução do intervalo entre manutenções em veículos de uso intensivo com biodiesel de qualidade variável. Assim, a adoção de misturas superiores ao B15 requer avaliar:

i.

A qualidade assegurada e rastreabilidade do biodiesel;

ii.

A adesão às normas atualizadas da ANP e aos parâmetros das montadoras;

iii.

Testes e relatórios de desempenho sob diferentes condições climáticas e operacionais

iv.

A integração com metodologias de mensuração, relato e verificação (MRV) que permitam registrar os ganhos ambientais com credibilidade.

4.2.1) Biocombustíveis e Biometano

Apesar das limitações, o biodiesel continua sendo um instrumento relevante de transição, especialmente para frotas pesadas e operações florestais com rotas curtas ou regionais. Quando produzido e armazenado adequadamente, o B15 e o B20 podem gerar reduções de 10 a 15% nas emissões de CO₂e por litro queimado, sem a necessidade de substituição imediata da frota (ICCT, 2021; MME, 2024). No entanto, o ganho líquido de emissões depende, além das condições escritas acima, da origem da matéria-prima e da eficiência logística do ciclo completo, sendo essencial a verificação independente por sistemas de MRV e o alinhamento com as políticas de certificação de biocombustíveis do RenovaBio (MME, 2024).

Em síntese, os biocombustíveis configuram uma ponte tecnológica importante, mas que deve ser percorrida com rigor técnico e planejamento setorial e reflete a visão dos setores da economia nacional e internacional de que a transição energética não se faz apenas pela troca de combustível, mas pela integração entre tecnologia, governança e sustentabilidade.

O biometano surge como uma das alternativas mais promissoras para frotas pesadas e operações de longa distância. Produzido a partir da purificação do biogás oriundo de resíduos orgânicos, agroindustriais ou de estações de



4.2.1) Biocombustíveis e Biometano

tratamento, o biometano combina baixo custo operacional com altíssimo potencial de redução de emissões, podendo chegar a reduções de até 90% em CO₂e quando comparado ao diesel convencional. (ABIOGÁS, 2024)

O relatório Panorama do Biogás 2024, da ABiogás, destaca que o Brasil reúne condições ideais para expansão dessa matriz, especialmente em regiões próximas a polos agroindustriais, florestais e produtores de biomassa. Nessas localidades, a logística reversa do biometano pode fortalecer economias regionais e reduzir significativamente o custo de transporte por tonelada-quilômetro. (ABiogás, 2024; MME, 2024)

O biometano, portanto, apresenta-se como uma solução estratégica de transição para a descarbonização do transporte pesado, especialmente em regiões com alta oferta de biomassa e resíduos florestais. Além de reduzir emissões, o biometano fortalece economias locais e aproveita infraestrutura já existente, tornando-se um vetor realista e escalável da mobilidade de baixo carbono no Brasil.

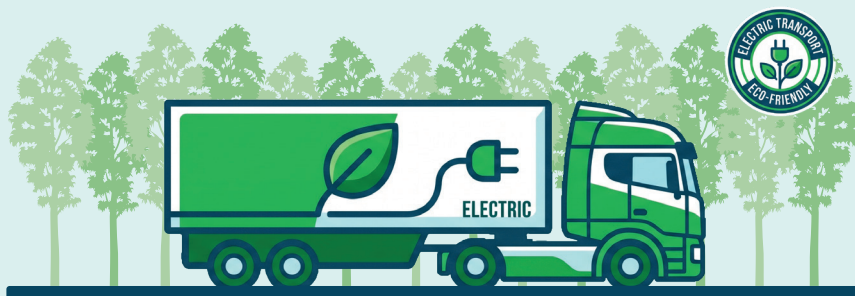


4.2.2) Eletrificação da Frota

Os veículos híbridos e elétricos consolidam a vertente tecnológica mais avançada da descarbonização logística. São especialmente adequados para operações urbanas, trechos curtos e transporte de menor volume, onde a autonomia das baterias e o acesso à infraestrutura de recarga são mais viáveis. (BLOOMBERGNEF, 2025)

De acordo com o Electric Vehicle Outlook 2025, da BloombergNEF, a eletrificação do transporte comercial avança rapidamente, impulsionada pela queda nos custos das baterias e pelo ganho de eficiência energética em trajetos urbanos. Ao mesmo tempo, políticas como o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Mover), instituído pela Lei nº 14.902/2024, reforçam o ambiente de incentivo à indústria de veículos de baixa emissão, fortalecendo a adoção de tecnologias híbridas e elétricas no país. (BRASIL, 2024; BLOOMBERGNEF, 2025; G1, 2025; MOTORAGORA, 2025)

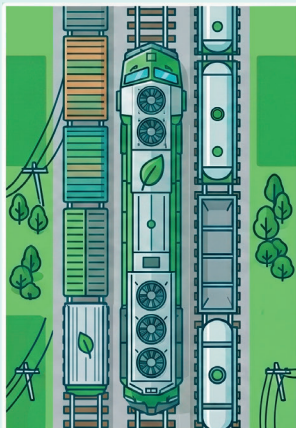
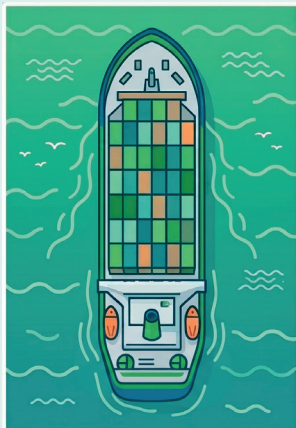
Trata-se de avanço tecnológico da nova logística, trazendo ganhos diretos de eficiência e redução de emissões em trajetos urbanos e de curta distância. A combinação entre avanços na autonomia, incentivos do Programa Mover e redução do custo das baterias torna os veículos híbridos e elétricos como soluções viáveis e estratégicas para a mobilidade de baixo carbono no Brasil, abrindo caminho para uma transformação estrutural do transporte comercial para os diversos setores incluindo a Indústria Florestal.



4.2.3) Expansão da Intermodalidade/Logísticas Sustentáveis

A integração modal é uma das estratégias mais eficazes para reduzir a pegada de carbono do transporte de cargas. A combinação inteligente entre rodovias, ferrovias e cabotagem permite otimizar distâncias, ampliar a eficiência energética e reduzir emissões por tonelada transportada, especialmente em longos percursos. (ANTT, 2023).

De acordo com o Plano Nacional de Logística 2035 (ANTT, 2023), a substituição parcial do transporte rodoviário por modais de menor intensidade de carbono, como o ferroviário e o aquaviário, pode gerar reduções relevantes nas emissões de CO₂e (ANTT, 2023; PNL 2035), dependendo da rota e da distância. Esse potencial é reforçado pela expansão de terminais intermodais, retroáreas portuárias e corredores de exportação que otimizam o fluxo logístico de produtos florestais.



4.2.3) Expansão da intermodalidade/ Logísticas Sustentáveis

O GLEC Framework v3.0 (2023) também reconhece a intermodalidade como um dos pilares estruturais da descarbonização global da logística, destacando que o uso de modais de menor intensidade de carbono (como o ferroviário e o marítimo) pode reduzir significativamente as emissões totais do transporte de produtos florestais e derivados. Além de diminuir custos operacionais, a intermodalidade fortalece a resiliência logística e a competitividade do setor florestal brasileiro. (GLEC, 2023; ANTT, 2023)

Neste contexto, o conceito de “corredores verdes” tem ganhado destaque como estratégia de integração modal sustentável (ANTT, 2023; EPL, 2024). Ele consiste em rotas de transporte e escoamento estruturadas para operar com baixo impacto ambiental, utilizando biocombustíveis, eletrificação parcial de frotas, infraestrutura digital de monitoramento (MRV), além de modais integrados com foco na redução da intensidade de emissões, elemento central deste capítulo. A adoção desses corredores está alinhada às metas do Programa Mobilidade Verde e Inovação (Mover) e às diretrizes da PNMC (BRASIL, 2009) e do SBCE (Lei nº 15.042/2024 - BRASIL, 2024), contribuindo para a redução direta das emissões do setor logístico.

Exemplos recentes incluem a ampliação de ramais ferroviários conectando polos florestais às regiões portuárias do Sudeste e do Sul, como o corredor Paranaguá–Ortigueira (PR), que tem reduzido a dependência rodoviária em longas distâncias e ampliado a eficiência do transporte de celulose e papel.



4.2.3) Expansão da intermodalidade/ Logísticas Sustentáveis

A implementação de zonas logísticas sustentáveis em retroáreas portuárias, aliada à geração de energia renovável e ao uso de veículos de baixa emissão, representa também uma boa oportunidade de descarbonização para o setor florestal. Além de reduzir o custo do frete e o tempo de trânsito, tais iniciativas fortalecem a imagem ambiental do setor e atendem às exigências de rastreabilidade climática impostas por mecanismos como o já mencionado CBAM da União Europeia.

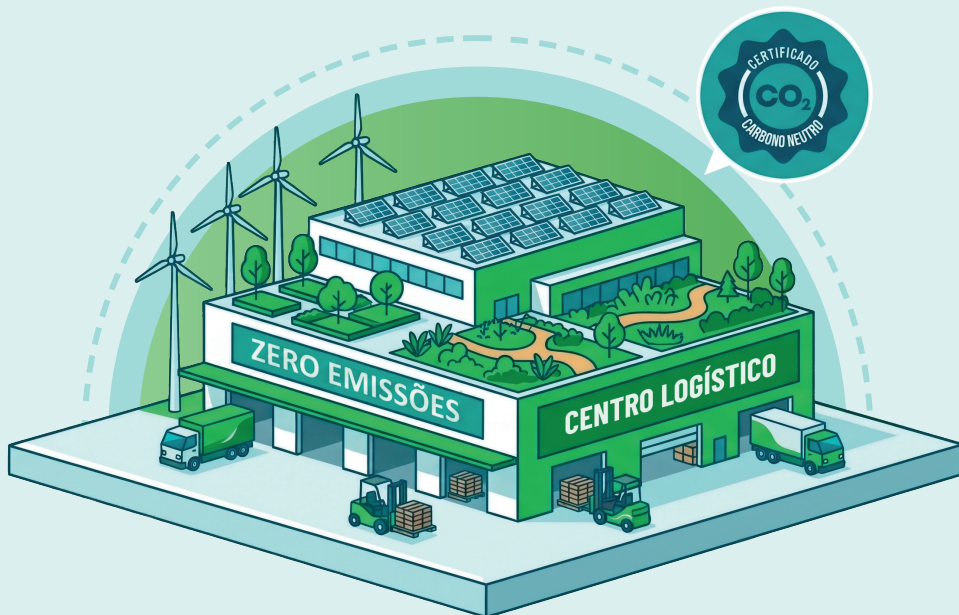
A intermodalidade torna-se, portanto, uma estratégia-chave para a descarbonização logística para o setor florestal, unindo eficiência operacional e sustentabilidade econômica. Ao combinar rodovias com ferrovias e cabotagem, o setor florestal reduz custos, otimiza distâncias e diminui sensivelmente as emissões por tonelada transportada. Mais do que uma opção técnica, trata-se de um modelo de integração inteligente que amplia a competitividade e aproxima o transporte brasileiro das melhores práticas globais de baixo carbono.

Nesse sentido, a infraestrutura logística sustentável deve ser compreendida como parte importante da estratégia corporativa de transição para uma economia de baixo carbono, conectando o transporte de base florestal às metas da PNMC, da NDC (BRASIL, 2023), do SBCE (Lei nº 15.042/2024 – BRASIL, 2024) e da consolidação do setor como um dos líderes na agenda global de logística verde.



4.2.4) Descarbonização das Emissões de Atividades Logísticas Auxiliares

De acordo com o GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Standard (2011), as emissões dessas atividades que contribuem para a movimentação de bens ao longo da cadeia devem ser contabilizadas no Escopo 3 das emissões corporativas. Esse princípio é reforçado pela ISO 14083:2023, que estabelece parâmetros para quantificação e reporte das emissões associadas a operações de transporte e cadeias logísticas completas, abrangendo também os elementos de armazenagem, transbordo e movimentação interna. As diretrizes da European Commission (2020) caminham na mesma direção ao reconhecer que centros de distribuição, armazéns e terminais multimodais compõem parte significativa das emissões totais do setor logístico europeu.



4.2.4) Descarbonização das Emissões de Atividades Logísticas Auxiliares

No contexto das operações florestais e industriais, essas fontes são particularmente sensíveis, não apenas pelo volume energético envolvido, mas também pela fragmentação das responsabilidades entre quem realiza o frete e quem o contrata. Em muitos casos, a incorporação de etapas auxiliares à logística não decorre de uma decisão direta da indústria florestal, mas de arranjos operacionais definidos por transportadores, operadores de terminais ou prestadores de serviços. Essa realidade reforça a importância de mecanismos de monitoramento e reporte das emissões que se originam das portas da indústria para fora, garantindo transparência sobre o impacto real da cadeia.

Sistemas de climatização e refrigeração do backoffice, empilhadeiras movidas a combustíveis fósseis, geradores de apoio e o consumo contínuo de energia em centros logísticos são exemplos de atividades que somam emissões expressivas. Além disso, o uso de gases refrigerantes com alto potencial de aquecimento global intensifica o impacto climático quando não há controle de vazamentos ou substituição por substâncias de baixo GWP (Global Warming Potential).

A descarbonização desse conjunto de atividades requer uma abordagem integrada, combinando eficiência energética, eletrificação de equipamentos e gestão inteligente das operações. A substituição de empilhadeiras a diesel por modelos elétricos, a adoção de energia proveniente de fontes



4.2.4) Descarbonização das Emissões de Atividades Logísticas Auxiliares

renováveis, o uso de refrigerantes de baixo impacto e a automação de sistemas de refrigeração e ventilação são medidas que reduzem emissões sem comprometer a produtividade. Em paralelo, a otimização dos fluxos de carga, reduzindo deslocamentos internos, tempos de espera e redundâncias, representa uma oportunidade adicional de mitigação.

Essas ações ganham relevância quando alinhadas a metodologias de mensuração reconhecidas. Tanto o Scope 3 Standard quanto a ISO 14083 propõem que as emissões de cada etapa logística sejam tratadas como parte de um mesmo sistema de transporte e distribuição, garantindo rastreabilidade e comparabilidade entre modais, terminais e operadores. Essa integração permite que empresas do setor florestal e da cadeia de suprimentos ampliem sua capacidade de reporte e estabeleçam metas de descarbonização ancoradas em evidências técnicas, facilitando o diálogo com clientes, investidores e órgãos reguladores.

A descarbonização das atividades logísticas auxiliares simboliza a maturidade de um setor que passa a enxergar a eficiência operacional como vetor de transformação climática e competitiva. Ao incorporar a rastreabilidade das emissões para além de suas fronteiras físicas, o setor florestal reafirma seu papel de liderança na construção de uma logística de baixo carbono, conectando a floresta ao mundo com responsabilidade, precisão e propósito.



5) Instrumentos de Apoio e Precisão Auxiliares na Governança e na Oportunidade da Descarbonização

A digitalização é um dos pilares mais transformadores para uma nova logística florestal. À medida que as operações se tornam mais complexas e orientadas por dados, tecnologias como telemetria, Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA) passam a exercer papel central na gestão das emissões e na eficiência operacional. (CORNELL UNIVERSITY, 2021; GLEC, 2023)

Como já dito, o setor florestal tem vantagens nesse processo digital, que permitem a coleta automática, integrando essas informações com documentos fiscais eletrônicos (CT-e e MDF-e) e plataformas de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV). Essa integração cria uma base de dados unificada que torna possível medir, comparar e otimizar a intensidade de emissões em tempo real. (Verden, 2025; GLEC, 2023)



5) Instrumentos de Apoio e Precisão Auxiliares na Governança e na Oportunidade da Descarbonização

A aplicação da Inteligência Artificial, neste contexto, representa um salto qualitativo. Algoritmos de aprendizado de máquina são capazes de identificar padrões de ineficiência em grandes volumes de dados operacionais e sugerir ajustes automáticos em rotas, turnos de operação e manutenção de frota. Esses sistemas também permitem projeções mais precisas de consumo e emissões por viagem, fortalecendo o processo de descarbonização com métricas verificáveis e auditáveis. (CORNELL UNIVERSITY, 2021; GLEC, 2023)

Além disso, a automação do diagnóstico logístico possibilita o uso de indicadores inteligentes como “emissão por tonelada útil transportada” que contribuem para certificações ESG e rastreabilidade de créditos de carbono logístico das operações. (GLEC, 2023)

Do ponto de vista estratégico, a IA também amplia a governança de dados e a credibilidade das informações reportadas. O uso de modelos analíticos auditáveis, aliados à curadoria humana e à expertise setorial, confere à gestão de emissões logísticas um grau de precisão compatível com as exigências do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (Lei nº 15.042/2024 - SBCE) (BRASIL, 2024) e dos mecanismos internacionais como o CBAM e a CSDDD. (BRASIL, 2024; EU CBAM, 2023; EU CSDDD, 2023)



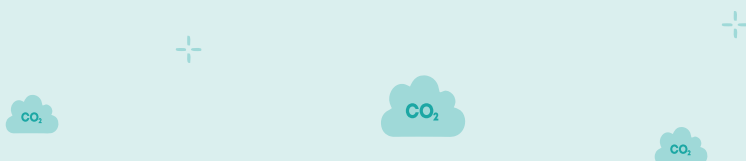
5) Instrumentos de Apoio e Precisão Auxiliares na Governança e na Oportunidade da Descarbonização

Assim, a combinação entre inteligência artificial, telemetria e automação de dados não apenas eleva o nível tecnológico da descarbonização logística, mas também posiciona o setor florestal brasileiro na vanguarda global da sustentabilidade aplicada ao transporte.

A digitalização marca a transição definitiva da logística na indústria florestal para um modelo baseado em dados, eficiência e transparência. Ao integrar sensores, inteligência artificial e plataformas de MRV, o setor passa a operar com métricas verificáveis, decisões automatizadas e rastreabilidade completa das emissões. Essa convergência tecnológica transforma o transporte do setor em um ecossistema inteligente, capaz de aprender, corrigir e otimizar continuamente.

O uso da IA na previsão, medição e certificação de emissões garante credibilidade às metas ESG e atende às exigências regulatórias nacionais e internacionais. Instrumentaliza o setor também para a Taxonomia Verde

Brasileira e facilita o acesso a linhas de crédito verde, debêntures sustentáveis e instrumentos de blended finance. Ao reforçar a conexão entre governança, impacto e retorno econômico, a logística florestal tende a assumir a liderança na revolução digital da descarbonização, consolidando o Brasil como referência em transporte inteligente e de baixo carbono.



5) Instrumentos de Apoio e Precisão Auxiliares na Governança e na Oportunidade da Descarbonização

Paralelamente, a integração entre relatórios de sustentabilidade (ESG) e sistemas digitais de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV), como os adotados pela plataforma Verden^[6], cria um ecossistema de dados confiável que atende simultaneamente às exigências regulatórias nacionais e às demandas voluntárias de transparência climática.

Assim, a governança se consolida como o elo que conecta a mensuração técnica da descarbonização à confiança institucional e de mercado, garantindo que os avanços alcançados pelo setor florestal brasileiro sejam reconhecidos em escala global, não apenas como resultados ambientais, mas como compromissos corporativos de longo prazo.

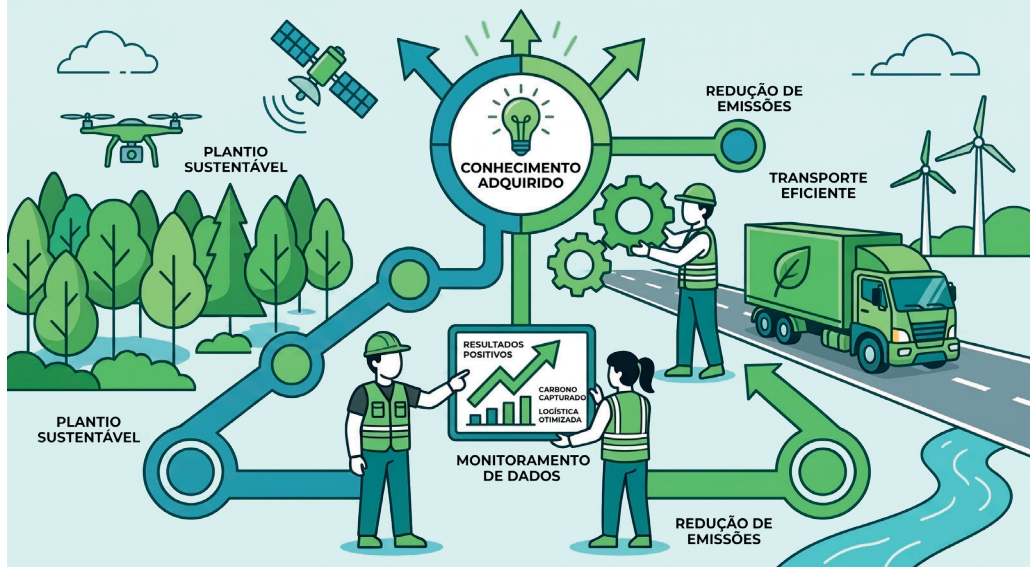


^[6] Plataforma Verden: <https://verdenesg.com.br>

6) Conclusão

O setor florestal brasileiro encontra-se diante de uma oportunidade histórica: ocupar um papel ativo na transformação da logística, o elo que conecta a floresta ao mundo. Não se trata apenas de um empenho tecnológico, mas de um movimento estratégico e simbólico. Um marco em que o setor pode ir além do papel tradicional de provedor de matéria-prima e de pioneiro no mercado de carbono, para afirmar-se também como agente da mitigação das emissões de GEE e da transição para uma matriz energética renovável. É, enfim, o momento de ser reconhecido como protagonista de uma economia de baixo carbono transformadora.

As análises apresentadas ao longo desta cartilha mostram que medir, relatar e reduzir emissões na logística florestal é algo técnico e economicamente viável. As ferramentas estão disponíveis, as boas práticas já são conhecidas e o ambiente regulatório começa a alinhar incentivos e exigências que tornam a descarbonização não apenas necessária, mas inevitável. Ignorar essa transição significa perder competitividade, reputação e relevância. Adotá-la,



6) Conclusão

por outro lado, abre espaço para inovação, novas receitas, financiamento verde e diferenciação em cadeias globais que já operam sob o princípio do “Net Zero”.

A comunidade internacional vive o desafio de construir um elo de confiança ambiental entre empresas, governos e sociedade, a partir de dados auditáveis e de uma governança climática transparente. É nesse ponto que a convergência entre tecnologia, sustentabilidade e gestão estratégica se torna o verdadeiro diferencial competitivo.

O desafio agora é transformar conhecimento em ação. Cabe às lideranças florestais incorporar a descarbonização logística ao planejamento estratégico do setor, com apoio de entidades como a AMIF e de plataformas tecnológicas como a Verden, que integram mensuração, verificação e relato (MRV) em tempo real.

Se o século XX foi marcado pela industrialização e pela expansão das fronteiras produtivas, o século XXI será lembrado pela capacidade crescente de inovar de forma sustentável. E o setor florestal brasileiro, com sua base renovável, seu capital natural e sua vocação para inovação, tem tudo para liderar essa virada.

A descarbonização do transporte florestal é um desafio comum à toda a cadeia, e a AMIF, ao disponibilizar esse conteúdo, consolida o papel do setor como protagonista da economia de baixo carbono no Brasil.

ANEXO I

Estudos de Caso

Para que a discussão sobre descarbonização saia do discurso e apresente resultados concretos, é essencial estudarmos casos reais. Eles ajudam a comprovar que, sim, as estratégias abordadas nos capítulos anteriores são viáveis e já são aplicadas para reduzir emissões na logística florestal.

Os exemplos a seguir foram escolhidos com base nos critérios de Mensurabilidade (que apresenta resultados objetivos em relação à redução de emissões ou intensidade de carbono), Replicabilidade (que pode ser adotado por empresas do setor) e Conexão possível com demandas do setor florestal, especialmente nas áreas de transporte e logística.



Casos Nacionais

Suzano: Gestão de Produção e Logística (SUZANO, 2023)



Contexto e Desafio:

A Suzano, uma das maiores produtoras de celulose de eucalipto do mundo, enfrenta desafios logísticos significativos devido à grande escala de exportação e à distância entre suas unidades produtivas no interior e os portos de escoamento. Segundo dados dos reports de sustentabilidade da companhia, a expansão das operações e a demanda crescente por produtos sustentáveis, exigem a ampliação da capacidade logística da entidade sem que tal ampliação eleve a intensidade de emissões e custos operacionais, mantendo assim a competitividade internacional da Suzano e a integridade ambiental de suas cadeias produtivas.

Principais Ações:

- Implementação de um modelo logístico multimodal, com crescente participação de modais ferroviário e marítimo, reduzindo a dependência do transporte rodoviário de longa distância.
- Ampliação e modernização de terminais portuários dedicados à celulose, como o Terminal Portuário de Santos (T32), operado pela DP World, e o Terminal Portuário de Itaqui (Maranhão), ambos integrados a ferrovias regionais.
- Investimentos contínuos em planejamento de rotas, simulação de cargas e eficiência energética da frota, utilizando tecnologias digitais de rastreamento e controle em tempo real.

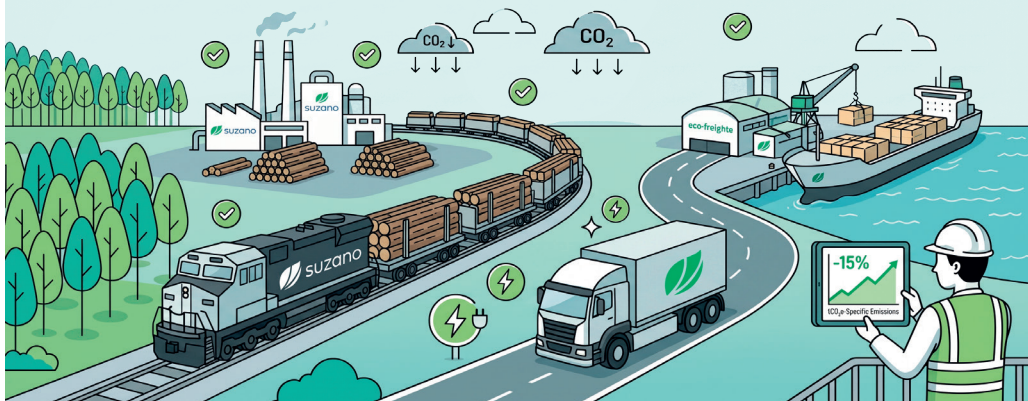
- Parcerias para desenvolvimento de biocombustíveis e soluções logísticas de baixo carbono, alinhadas à meta corporativa de reduzir 15% das emissões específicas de escopo 1, 2 e 3 até 2030 (base 2015).
- Adoção de práticas de transporte reverso e otimização de carga de retorno, reduzindo viagens vazias e consumo de combustível.

Resultado:

A Suzano reportou, em 2023, ganhos expressivos de eficiência logística e redução de emissões relativas por tonelada transportada, sustentados pela expansão do uso ferroviário e marítimo e pela maior integração de seus terminais portuários.

Os Relatórios de Sustentabilidade da companhia também destacam a contribuição das iniciativas de logística sustentável para o avanço das metas de descarbonização corporativa e o fortalecimento da resiliência operacional diante de crises globais de transporte.

Esse conjunto de medidas demonstra que a estratégia logística da Suzano vai além da eficiência de custos: ela constitui parte essencial da transição para uma economia de baixo carbono, integrando transporte, infraestrutura e tecnologia como pilares da competitividade e sustentabilidade do setor florestal brasileiro.



Klabin: Production and logistics Management (KLABIN, 2024)



Contexto e Desafio:

Com expansão de produção e operações voltadas para exportação, a Klabin precisava assegurar que o escoamento da produção não se tornasse gargalo logístico, especialmente considerando os desafios de infraestrutura portuária no Brasil, o congestionamento internacional (ex: crise no Mar Vermelho, seca no Canal do Panamá) e as flutuações no mercado global.

Principais Ações:

- Implantação de uma rede logística integrada que combina modais rodoviário, ferroviário e marítimo, para o transporte de madeira, celulose, papéis e embalagens.
- Desenvolvimento de infraestrutura própria ou controlada: o ramal ferroviário que conecta a unidade de Ortigueira (PR) à Unidade de Logística de Papel e Celulose em Paranaguá, e o terminal de contêineres da Klabin (KBT) que centraliza o escoamento das unidades Monte Alegre e Ortigueira.
- Flexibilidade operacional como diferencial: utilização de transporte “break-bulk” (carga solta) para contornar congestionamento de portos e gargalos em terminais de contêineres, reduzindo atraso e custo de entrega.

Resultado:

A Klabin informa que já transportou mais de 1,4 milhão de toneladas de celulose por meio do terminal próprio (KBT) desde sua inauguração em 2022 até abril/2025, consolidando-se assim como “uma das maiores embarcadoras de contêineres no Brasil em longo curso (exportação) e em cabotagem”. Embora não forneça diretamente no trecho logístico percentual de redução de emissões por modal, a estrutura multimodal e o uso de terminal próprio indicam a provável redução de intensidade de carbono por tonelada-quilômetro, alinhada às boas práticas setoriais. Este cenário indica que, no setor florestal, o verdadeiro diferencial competitivo e de descarbonização está também no transporte e na logística, e não somente na matéria-prima ou no produto final.



Casos Internacionais

Stora Enso: Produção, Logística e Bioeconomia (STORA ENSO, 2023)



StoraEnso

Contexto e Desafio:

A Stora Enso, uma das maiores empresas florestais e de biomateriais do mundo, enfrenta desafios relacionados à competitividade global, à redução das emissões de transporte e à adaptação das cadeias logísticas a contextos geopolíticos e de mercado cada vez mais voláteis. Em 2023, a companhia passou por um processo de reestruturação e redirecionamento estratégico, com foco em ampliar sua presença em embalagens renováveis, soluções construtivas sustentáveis e biomateriais inovadores, substituindo progressivamente produtos fósseis por materiais de base florestal.

Principais Ações:

- **Conversão e modernização industrial:** investimento de aproximadamente EUR 1 bilhão na conversão da planta de Oulu (Finlândia) para produção de papelcartão de consumo em grande escala, criando uma das instalações mais modernas e eficientes da Europa.
- **Integração logística e otimização multimodal:** reestruturação das operações industriais e logísticas com ênfase em autonomia divisional, melhoria de eficiência operacional e redução de custos de transporte e energia, alcançando 72% de autossuficiência energética e 36% de autossuficiência em madeira.
- **Encerramento e realocação de unidades:** descontinuação do segmento de papel e fechamento de quatro unidades produtivas (Finlândia, Holanda, Polônia e Estônia), concentrando os fluxos logísticos em corredores otimizados de exportação.

ANEXO I

- **Inovação e digitalização florestal:** uso crescente de sensoriamento remoto e inteligência artificial no planejamento florestal, transporte de madeira e monitoramento de biodiversidade, possibilitando rastreabilidade mais precisa e planejamento logístico baseado em dados.
- **Compromisso climático:** adesão ao The Climate Pledge e meta de emissões líquidas zero até 2040, abrangendo todos os escopos, além de produtos 100% regenerativos até 2050.

Resultado:

Em 2023, a Stora Enso reportou redução de 41% nas emissões absolutas de CO₂ Escopos 1 e 2 e 34% em Escopo 3 em relação a 2019. O desempenho logístico e energético foi determinante: a autossuficiência em energia (70–82%, dependendo do insumo) reduziu vulnerabilidade a custos externos, e a integração entre modais e ativos próprios diminuiu a exposição a gargalos e riscos geopolíticos. Além disso, 94% de seus produtos já são recicláveis, e 99% das áreas florestais sob gestão possuem certificação de manejo sustentável.



UPM: Produção, Logística e Bioeconomia Circular (UPM, 2023)



Contexto e Desafio:

A UPM, empresa finlandesa de biomateriais e papel, tem como propósito central “criar um futuro além dos fósseis”. Em 2023, a companhia operou em um cenário global de incertezas econômicas e logísticas, com desaceleração na Europa, custos elevados de energia e madeira e desafios de escoamento de produção. O principal desafio foi sustentar o crescimento e manter a competitividade logística global enquanto implementava investimentos estratégicos em bioeconomia e descarbonização.

Principais Ações:

- **Integração industrial e logística global:** expansão da capacidade de produção e transporte com o início das operações da planta de Paso de los Toros (Uruguai), responsável por elevar em mais de 50% a produção de celulose da empresa (2,1 Mt/ano), conectada a um novo terminal portuário de águas profundas em Montevideu e à infraestrutura ferroviária renovada pelo governo uruguaio.
- **Autossuficiência energética e modal de baixo carbono:** comissionamento da usina nuclear Olkiluoto 3, ampliando em quase 50% a geração própria de eletricidade livre de CO₂, reduzindo a dependência de energia fóssil e custos logísticos associados.

- **Eficiência logística florestal:** uso de dados e sensoriamento remoto para planejar transporte de madeira e otimizar a integração entre plantações, serrarias e portos.
- **Economia circular e rastreabilidade:** implantação de um modelo de produção sem resíduos, reaproveitando fluxos secundários e rastreando 100% das fibras de origem controlada e certificada.

Resultado:

Em 2023, a UPM consolidou-se como uma das empresas de papel e biomateriais mais sustentáveis do mundo, sendo a única do setor presente nos índices Dow Jones Sustainability Europe e World, com redução de 23% nas emissões logísticas (Escopo 3) em relação a 2018. O modelo de logística integrada, apoiado em ativos próprios e infraestrutura portuária e ferroviária dedicada, elevou a competitividade das exportações e fortaleceu a resiliência operacional da companhia em meio a crises globais.



Arauco: Produção, Logística e Integração Sustentável (ARAUCO, 2023)

arauco

Contexto e Desafio:

A Arauco, empresa chilena de base florestal com atuação global em celulose, painéis e madeira serrada, enfrentou em 2023 um cenário marcado por desaceleração global da demanda e custos logísticos elevados. O desafio principal foi manter competitividade internacional e eficiência operacional sem comprometer as metas de sustentabilidade e redução de emissões da cadeia logística e produtiva. O contexto também envolveu a adaptação de operações portuárias e de transporte para suportar maior volume de exportações, principalmente para Ásia e América do Norte.

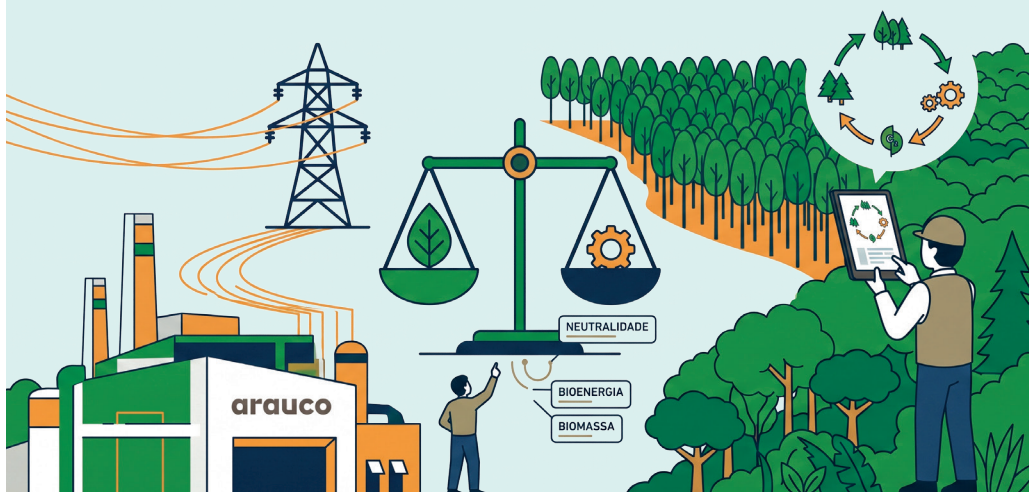
Principais Ações:

- **Integração logística e multimodalidade:** fortalecimento da infraestrutura portuária e otimização da rede de transporte rodoviário e ferroviário, garantindo fluidez de exportações de celulose e produtos de madeira, mesmo em cenário de volatilidade internacional.
- **Eficiência energética e descarbonização:** aumento do uso de biocombustíveis e energia renovável nas operações industriais e logísticas, atingindo 97% de autossuficiência energética em suas unidades fabris.

- **Investimento em logística digital e rastreabilidade:** ampliação de sistemas de planejamento e monitoramento em tempo real de fluxos de carga e embarques, com foco em reduzir tempos de transporte e otimizar ocupação de veículos.
- **Integração regional e novos corredores de exportação:** adaptação da estrutura logística para suportar a entrada em operação do projeto MAPA (Modernización y Ampliación de Planta Arauco), que aumentou significativamente o volume de celulose exportada e demandou coordenação com terminais portuários e ferrovias.

Resultado:

Em 2023, a Arauco manteve-se entre os maiores exportadores mundiais de celulose, com redução de 21% nas emissões diretas (Escopos 1 e 2) em comparação a 2022 e manutenção de 100% de certificação florestal FSC e PEFC em todas as áreas próprias. A autossuficiência energética quase total e o avanço do projeto MAPA consolidaram a empresa como referência em integração entre produção e logística sustentável.



ANEXO II

Nota Explicativa

Metodologia e Limitações

A elaboração desta publicação seguiu um método interdisciplinar, combinando revisão documental, análise comparativa e síntese interpretativa. Foram analisadas fontes primárias e secundárias de caráter técnico, normativo e setorial, com ênfase em documentos oficiais, relatórios corporativos, normas ISO e frameworks internacionais reconhecidos na mensuração e gestão de emissões logísticas.

O corpus de análise incluiu referências do GLEC Framework (2023), ISO 14083:2023, GHG Protocol (2011), CNI (2022–2025), BNDES (2024), ANTT (2023), BloombergNEF (2025) e ABiogás (2024), entre outras, complementadas por estudos de caso nacionais e internacionais que refletem a aplicação prática dos conceitos de descarbonização no setor florestal e logístico.

A sistematização das informações e o encadeamento lógico entre capítulos foram conduzidos com o apoio de ferramentas de Inteligência Artificial voltadas à pesquisa aplicada e à análise documental, empregadas para otimizar a organização de dados, cruzar informações normativas e garantir consistência terminológica

ANEXO II

entre as seções. Essas ferramentas foram utilizadas sob supervisão integral dos autores, como instrumentos de aprimoramento técnico e editorial, preservando a análise interpretativa e a autoria humana do conteúdo.

Tal abordagem permitiu alcançar elevado grau de integração e clareza entre as dimensões regulatória, operacional e tecnológica da descarbonização logística, caracterizando o presente estudo como um material de referência avançado dentro do contexto brasileiro.

Entretanto, reconhece-se que algumas limitações decorrem da disponibilidade restrita de dados públicos e setoriais, especialmente no que se refere às emissões indiretas (Escopo 3) em cadeias florestais descentralizadas e às métricas de precificação do carbono no transporte. Essas lacunas deverão ser gradualmente supridas com a consolidação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (Lei nº 15.042/2024 - SBCE) (BRASIL, 2024) e com o amadurecimento das plataformas digitais de MRV no país.

REFERÊNCIAS

AMIF – ASSOCIAÇÃO MINEIRA DA INDÚSTRIA FLORESTAL. *O que é e como se inserir no Mercado de Carbono.* Volumes I e II. Belo Horizonte: AMIF, 2023. Disponível em: <https://amif.org.br/pt/publicacoes/>. Acesso em: 17 out. 2025.

ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. *Plano Nacional de Logística (PNL 2035).* Brasília: ANTT, 2023. Disponível em: <https://portal.epl.gov.br/plano-nacional-de-logistica-2035>. Acesso em: 17 out. 2025.

ABIOGÁS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BIOGÁS. *Panorama do Biogás.* Volumes I e II. São Paulo: ABiogás, 2024. Disponível em: <https://abiogas.org.br/wp-content/uploads/2025/06/PANORAMA-DO-BIOGAS-2024.pdf>. Acesso em: 17 out. 2025.

ARAUCO. *Relatório Integrado 2023.* Santiago: Arauco, 2023. Disponível em: <https://arauco.com/wp-content/uploads/2024/07/ARAUCO-INTEGRATED-REPORT-2023-2.pdf>. Acesso em: 17 out. 2025.

BACEN - BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Taxonomia Sustentável Brasileira: estágio atual e próximos passos* (post institucional). Brasília: BCB, 2025. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/noticiablogbc/17/noticia>. Acesso em: 21 out. 2025.

BLOOMBERGNEF. *Electric Vehicle Outlook 2025.* Volumes I e II. Nova Iorque: BloombergNEF, 2025. Disponível em: <https://about.bnef.com/insights/clean-transport/electric-vehicle-outlook>. Acesso em: 17 out. 2025.

REFERÊNCIAS

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. *Descarbonização da Indústria de Base: desafios, oportunidades e instrumentos de financiamento.* Rio de Janeiro: BNDES, 2024. Disponível em:

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/25847/1/PRLiv_216288_Descarboniza%C3%A7%C3%A3o%20da%20ind%C3%BAstria%20de%20base.pdf. Acesso em: 17 out. 2025.

BRASIL. *Lei nº 14.902, de 28 de junho de 2024.* Institui o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Mover). Diário Oficial da União, Brasília, 2024. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14902.htm. Acesso em: 17 out. 2025.

BRASIL. *Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024.* Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). Diário Oficial da União, Brasília, 2024. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L15042.htm. Acesso em: 17 out. 2025.

BRASIL. *Ajuste da Primeira NDC do Brasil ao Acordo de Paris.* Brasília: MMA/MRE, 2023. Disponível em: <https://unfccc.int/documents/633022>. Acesso em: 21 out. 2025.

BRASIL. *Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009.* Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 29 dez. 2009. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 21 out. 2025.

REFERÊNCIAS

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Sustentabilidade e Liderança Industrial*. Brasília: CNI, 2022. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2022/11/CNI-sustentabilidade-Brasil.pdf>. Acesso em: 17 out. 2025.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Economia Circular: Barreiras, Oportunidades e Práticas na Indústria*. Brasília: CNI, 2025. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/5a/fb/5afb1ccc-e229-4113-bfe1-53d7946bbc33/se_96_-_economia_circular_1.pdf. Acesso em: 17 out. 2025.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Práticas de Economia Circular e Indústria Brasileira*. Brasília: CNI, 2025. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/fb/74/fb74e8f7-f17d-44db-a453-c024f1a8d87d/praticas_de_economia_circular_e_a_industria_brasileira_port.pdf. Acesso em: 17 out. 2025.

CNPE - CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. *Resolução nº 8 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), de 25 de junho de 2025*. Brasília: CNPE, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2025/RetifeResCNPE82025.pdf>. Acesso em: 17 out. 2025.

CORNELL UNIVERSITY. *Energy-efficient driving behavior: impacts on fuel consumption*. Ithaca: Cornell University, 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2107.06031>. Acesso em: 17 out. 2025.

CVM - COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. *Resolução CVM 193 de 20 de Outubro de 2023*. Brasília: CVM, 2023. Disponível em: <https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol193.html>. Acesso em: 17 out. 2025.

REFERÊNCIAS

EPL. *Plano Nacional de Logística - Relatório Rede de Simulação (Versão 1.1)*. Brasília: INFRA S.A./EPL, 2024. Disponível em: https://www.infrasa.gov.br/wp-content/uploads/2024/05/Relatorio_PNL_Rede_V04-1.pdf. Acesso em: 17 out. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. *EU Reference Scenario 2020*. Bruxelas: European Commission 2020. Disponível em: https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/eu-reference-scenario-2020_en. Acesso em: 17 out. 2025.

EUROPEAN COMMISSION. *Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)*. Bruxelas: European Commission, 2023. Disponível em: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en. Acesso em: 17 out. 2025.

EUROPEAN UNION. *Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD)*. Bruxelas: União Europeia, 2024. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1760/oj/eng>. Acesso em: 17 out. 2025.

G1. *Isenção de IPVA: saiba quais estados liberam o imposto de carros híbridos e elétricos*. G1 Carros, 8 fev. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/carros/noticia/2025/02/08/isencao-de-ipva-saiba-quais-estados-liberam-o-imposto-de-carros-hibridos-e-eletricos.ghtml>. Acesso em: 17 out. 2025.

GHG PROTOCOL – WORLD RESOURCES INSTITUTE; WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard*. Washington, DC: WRI/WBCSD, 2011. Disponível em: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf. Acesso em: 17 out. 2025.

REFERÊNCIAS

GLEC - GLOBAL LOGISTICS EMISSIONS COUNCIL. *GLEC Framework v3.0*. Amsterdã: Smart Freight Centre, 2023. Disponível em: https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/GLEC_FRAMEWORK_v3_UPDATED_13_12_23.pdf. Acesso em: 17 out. 2025.

ICAP – INTERNATIONAL CARBON ACTION PARTNERSHIP. *Emissions Trading Worldwide: Status Report 2024*. Berlim: ICAP, 2024. Disponível em: https://icapcarbonaction.com/system/files/document/icap-2024-status-report-executive-summary_en_240517.pdf. Acesso em: 17 out. 2025.

ICCT. *Programas de Condução Econômica (Eco-driving) na América Latina*. Washington, DC: International Council on Clean Transportation, 2021. Disponível em: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/12/eco-driving-latam-PT-jun2021.pdf>. Acesso em: 21 out. 2025.

IFRS FOUNDATION. *ISSB IFRS S2 – Climate-related Disclosures*. Londres: IFRS Foundation, 2023. Disponível em: <https://www.ifrs.org/content/dam/ifrs/publications/pdf-standards-issb/english/2023/issued/part-a/issb-2023-a-ifrs-s2-climate-related-disclosures.pdf>. Acesso em: 17 out. 2025.

IFRS FOUNDATION. *IFRS S1 – General Requirements for Disclosure of Sustainability-related Financial Information*. London: ISSB, 2023. Disponível em: <https://www.ifrs.org/content/dam/ifrs/publications/pdf-standards-issb/english/2023/issued/part-a/issb-2023-a-ifrs-s1-general-requirements-for-disclosure-of-sustainability-related-financial-information.pdf?bypass=on>. Acesso em: 21 out. 2025.

REFERÊNCIAS

IFRS FOUNDATION. *IFRS S2 – Climate-related Disclosures*. London: ISSB, 2023. Disponível em: <https://www.ifrs.org/supporting-implementation/supporting-materials-for-ifrs-sustainability-disclosure-standards/ifrs-s2/>. Acesso em: 21 out. 2025.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 14064-1: 2018 – Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. Genebra: ISO, 2018.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 14083:2023 – Quantification and reporting of greenhouse gas emissions from transport chain operations*. Genebra: ISO, 2023. Disponível em: https://www.ace-cargadores.com/wp-content/uploads/2023/07/Boletin_1539/ISO%2014083_2023%20ed.1%20-%20id.78864%20Publication%20PDF%20%28en%29.pdf. Acesso em: 17 out. 2025.

KLABIN S.A. *Relatório de Sustentabilidade 2022*. São Paulo: Klabin, 2022. Disponível em: <https://klabin.com.br/sustentabilidade/relatorios-e-performance>. Acesso em: 17 out. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). *Programa RenovaBio*. Brasília: MME, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/renovabio-1>. Acesso em: 17 out. 2025.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. *Transporte Rodoviário de Cargas - TRC*. Brasília: Ministério dos Transportes, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/transporte-rodoviario-de-cargas>. Acesso em: 17 out. 2025.

REFERÊNCIAS

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. *Programa MelhorAR.* Brasília: Ministério dos Transportes, 2025. Disponível em:

<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias/2025/02/ministerio-dos-transportes-lanca-programa-que-busca-reduzir-emissoes-de-gases-poluente-por-veiculos>. Acesso em: 17 out. 2025.

MOTORAGORA. *10 estados brasileiros e isenção de IPVA.* MotorAgora, 2025. Disponível em:

<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias/2025/02/ministerio-dos-transportes-lanca-programa-que-busca-reduzir-emissoes-de-gases-poluente-por-veiculos/portariadou.pdf>. Acesso em: 17 out. 2025.

MUNDO LOGÍSTICA. *Plataformas de transporte podem aumentar em 35%o ganho dos produtores.* São Paulo: Mundo Logística, 2022. Disponível em:

<https://mundologistica.com.br/noticias/plataforma-de-transporte-pode-aumentar-em-35-o-ganho-dos-produtores>. Acesso em: 17 out. 2025.

OIT. *Desenvolvimento de competências para uma transição justa (síntese de políticas).* Genebra: Organização Internacional do Trabalho, 2024.

Disponível em: <https://ilo.org/pt-pt/media/363241/download>. Acesso em: 21 out. 2025.

PLATAFORMA VERDEN. *Relatório Técnico de Emissões Logísticas 2025.* Belo Horizonte: Celo4 Earth, 2025.

SENAI-SP. *Green Skills e o futuro do trabalho são temas de debate no Dia Mundial do Meio Ambiente.* São Paulo: SENAI-SP, 05 jun. 2025. Disponível em:

<https://www.sp.senai.br/noticia/green-skills-e-o-futuro-do-trabalho-sao-temas-de-debate-no-dia-mundial-do-meio-ambiente>. Acesso em: 21 out. 2025.

REFERÊNCIAS

SEST SENAT. *Cursos e ações de eficiência energética no transporte* (página institucional/press). Brasília: SEST SENAT, 2019. Disponível em: <https://www.sestsenat.org.br/noticia/novos-cursos-gratuitos-sest-senat-e-eficiencia-energetica>. Acesso em: 21 out. 2025.

SCANIA. *Gás Verde inova com solução completa para zerar emissões de transporte das empresas*. São Paulo: Scania, 2025. Disponível em: <https://www.scania.com/br/pt/home/about-scania/newsroom/news/2024/gasverde.html>. Acesso em: 17 out. 2025.

STORA ENSO. *Stora Enso Annual Report 2023*. Helsinque: Stora Enso, 2023. Disponível em: https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/annual-reports/2023/storaenso_annual_report_2023.pdf. Acesso em: 17 out. 2025.

SUZANO S.A. *Relatório de Sustentabilidade 2023*. São Paulo: Suzano, 2023. Disponível em: https://stszprdscentind.blob.core.windows.net/site/documents/Suzano_RelatorioSustentabilidade2023.pdf. Acesso em: 17 out. 2025.

TCFD - TASK FORCE ON CLIMATE-RELATED FINANCIAL DISCLOSURES. *Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures*. Basel: Financial Stability Board, 2017. Disponível em: <https://www.fsb-tcfd.org/recommendations/>. Acesso em: 21 out. 2025.

UPM. *Annual Report 2023*. Helsinque: UPM, 2023. Disponível em: <https://www.upm.com/siteassets/investors/reports-and-presentations/2023/upm-annual-report-2023.pdf>. Acesso em: 17 out. 2025.

TABELA DE SIGLAS

SIGLA	SIGNIFICADO
ABIOGÁS	Associação Brasileira do Biogás
AMIF	Associação Mineira da Indústria Florestal
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
ARAUCO	Empresa florestal e produtora de celulose
BACEN	Banco Central do Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism (Mecanismo de Ajuste de Carbono Fronteiriço da UE)
CBS	Contribuição sobre Bens e Serviços
CMN	Conselho Monetário Nacional
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CO ₂ e	Dióxido de carbono equivalente
CT-e	Conhecimento de Transporte Eletrônico

TABELA DE SIGLAS

SIGLA	SIGNIFICADO
CSDDD	Corporate Sustainability Due Diligence Directive (Diretiva Europeia de Diligência Sustentável)
EPL	Empresa de Planejamento e Logística S.A.
ESG	Environmental, Social and Governance (Ambiental, Social e Governança)
EU	European Union (União Europeia)
GEE	Gases de Efeito Estufa
GHG Protocol	Greenhouse Gas Protocol (Protocolo de Gases de Efeito Estufa)
GLEC	Global Logistics Emissions Council
GWP	Global Warming Potential (Potencial de aquecimento global)
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBS	Imposto sobre Bens e Serviços
ICAP	International Carbon Action Partnership
ICCT	International Council on Clean Transportation
IFRS	International Financial Reporting Standards
INFRA S.A.	Empresa vinculada ao Ministério dos Transportes (antiga EPL)

TABELA DE SIGLAS

SIGLA	SIGNIFICADO
ISO	International Organization for Standardization
ISS	Imposto sobre Serviços
ISSB	International Sustainability Standards Board
KLABIN	Empresa brasileira do setor de papel e celulose
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MMA	Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
MOVER	Programa Mobilidade Verde e Inovação
MRV	Monitoramento, Relato e Verificação – conjunto de processos que garantem a integridade dos dados de emissões.
MT	Ministério dos Transportes
NDC	Nationally Determined Contribution (Contribuição Nacionalmente Determinada)
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PNL 2035	Plano Nacional de Logística 2035
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009)
PSTM	Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Sustentável

TABELA DE SIGLAS

SIGLA	SIGNIFICADO
SBCE	Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (Lei nº 15.042/2024)
SCANIA	Fabricante sueca de veículos pesados e soluções de transporte sustentável
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SEST SENAT	Serviço Social do Transporte e Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte
STORA ENSO	Empresa finlandesa de produtos florestais e papel
SUZANO	Empresa brasileira do setor de papel e celulose
TCFD	Task Force on Climate-related Financial Disclosures
UE	União Européia
UPM	Empresa finlandesa de celulose e bioprodutos

GLOSSÁRIO

TERMO	DEFINIÇÃO
Adicionalidade	Princípio que determina se uma redução de emissões seria impossível sem o projeto de mitigação implementado.
Biocombustíveis	Combustíveis obtidos a partir de fontes renováveis como biomassa, etanol e biodiesel.
Biometano	Gás renovável obtido pela purificação do biogás, com características equivalentes ao gás natural.
Carbono Logístico	Emissões associadas às operações de transporte, armazenagem e movimentação de produtos.
Créditos de carbono	Certificados que representam a redução ou remoção de 1 tonelada de CO ₂ equivalente.
Descarbonização	Processo de redução das emissões de CO ₂ e outros gases de efeito estufa.
Economia Circular	Modelo que busca reduzir resíduos e reaproveitar materiais no ciclo produtivo.
Escopo 1, 2 e 3	Classificação das emissões conforme a origem: diretas (1), energia adquirida (2) e cadeia de valor (3).
Fundo Clima	Instrumento financeiro do BNDES voltado a financiar projetos de mitigação e adaptação climática.
GHG Protocol	Padrão global para contabilização e relato de emissões de gases de efeito estufa.

GLOSSÁRIO

TERMO	DEFINIÇÃO
Intermodalidade	Uso integrado de diferentes modais de transporte (rodoviário, ferroviário, marítimo etc.).
Net Zero	Meta global de neutralizar as emissões líquidas de gases de efeito estufa até determinado ano.
Neutralidade Climática	Estado em que as emissões líquidas de gases de efeito estufa são nulas.
Pegada de Carbono	Quantificação total de gases de efeito estufa emitidos direta e indiretamente por uma atividade.
Taxonomia Verde	Sistema do BACEN que classifica atividades econômicas sustentáveis.
Transição Justa	Conceito da OIT que garante que a descarbonização ocorra com inclusão social e qualificação da força de trabalho.
Transporte Verde	Sistema de transporte de baixo impacto ambiental, com foco em eficiência energética e energias limpas.
Transporte de Baixo Carbono	Modal de transporte que utiliza energia limpa, reduzindo significativamente as emissões.
Verden ESG	Plataforma digital brasileira de MRV e certificação de emissões logísticas.

ANEXO I - FONTES

CATEGORIA	INSTITUIÇÃO / DOCUMENTO	NATUREZA DA FONTE	TEMA RELACIONADO
Nacional – Regulatória	BRASIL – Leis nº 12.187/2009 (PNMC), nº 14.902/2024 (Mover) e nº 15.042/2024 (SBCE)	Legal / Governamental	Política climática e transição energética
Nacional – Regulatória	MMA / MCTI / MT / INFRA S.A. / ANTT	Institucional	Planos setoriais, PNL 2035, MRV e infraestrutura logística
Nacional – Regulatória	BACEN	Regulatória / Financeira	Taxonomia Verde e crédito climático
Nacional – Regulatória	BNDES	Financeira / Técnica	Fundo Clima e financiamento de baixo carbono
Nacional – Setorial / Técnico	CNI / SEST SENAT / SENAI / ABIOGÁS / AMIF	Técnico / Setorial	Sustentabilidade, biocombustíveis e capacitação
Nacional – Setorial / Técnico	Verden ESG	Plataforma Tecnológica	Monitoramento, relato e verificação (MRV)
Internacional – Normas e Frameworks	ISO 14083:2023 / ISO 14064-1:2018	Técnica	Quantificação e relato de emissões
Internacional – Normas e Frameworks	GHG Protocol / GLEC Framework (Smart Freight Centre)	Técnica / Operacional	Mensuração e eficiência logística

ANEXO I - FONTES

CATEGORIA	INSTITUIÇÃO / DOCUMENTO	NATUREZA DA FONTE	TEMA RELACIONADO
Internacional – Normas e Frameworks	IFRS Foundation / ISSB / TCFD	Governança / ESG	Divulgação de dados climáticos
Internacional – Regulações e Diretrizes	União Europeia – CBAM / CSDDD	Regulatória / Comercial	Barreiras climáticas e diligência sustentável
Internacional – Regulações e Diretrizes	ICAP	Política Climática	Mercados globais de carbono
Nacional – Setorial / Técnico	CNI / SEST SENAT / SENAI / ABIOGÁS / AMIF	Técnico / Setorial	Sustentabilidade, biocombustíveis e capacitação
Corporativa / Casos de Estudo	Suzano / Klabin / Stora Enso / UPM / Arauco / Scania	Empresarial	Boas práticas logísticas e descarbonização i...
Acadêmica / Pesquisa	Cornell University	Acadêmica	Eficiência energética na condução
Acadêmica / Pesquisa	BloombergNEF	Técnica / Prospectiva	Transição energética e eletrificação
Imprensa e Jornalismo Técnico	G1 / MotorAgora / Mundo Logística	Jornalística / Setorial	Isenções fiscais, inovação e eficiência operacional

ANOTAÇÕES

