








MARÇO DE 2026

BOLETIM DE LOGÍSTICA

CORREDORES VERDES



 [infrasaoficial](#)
 [infra.oficial](#)
 [infra-oficial](#)
 [infrasa.oficial](#)

 observatorio@infrasa.gov.br
 institucional@infrasa.gov.br
 www.ontl.infrasa.gov.br
 www.infrasa.gov.br

An aerial photograph showing a railway track with multiple parallel rails and gravel bed, stretching horizontally across the middle of the frame. The track is flanked by dense, vibrant green trees and foliage. The lighting is bright, creating strong shadows and highlights on the leaves and the track. In the lower-left corner, there are two short, horizontal white lines.

MARÇO DE 2026

BOLETIM DE LOGÍSTICA

CORREDORES VERDES

EQUIPE

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Luiz Inácio Lula da Silva

INFRA S.A.

DIRETOR-PRESIDENTE

Jorge Luiz Macedo Bastos

DIRETORA DE ADMINISTRAÇÃO E FINANÇAS

Elisabeth Alves da Silva Braga

DIRETOR DE EMPREENDIMENTOS

André Luis Ludolfo da Silva

DIRETOR DE PLANEJAMENTO

Cristiano Della Giustina

DIRETOR DE MERCADO E INOVAÇÃO

Marcelo Vinaud Prado

Observatório Nacional de Transporte e Logística – ONTL

Infra S.A.

Endereço: SAUS, Quadra 01, Bloco G, Lotes 3 e 5, Asa Sul, Brasília - DF - 70.070-010

E-mail: ontl@infrasa.gov.br / institucional@infrasa.gov.br

Site: www.infrasa.gov.br / www.ontl.infrasa.gov.br

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES

José Renan Vasconcelos Calheiros Filho

SUPERINTENDENTE DE INTELIGÊNCIA DE MERCADO

Lilian de Alencar Pinto Campos

GERENTE DE INOVAÇÃO

Sirléa de Fátima Ferreira Leal Moura

ASSESSORIA TÉCNICA

Gabriela Camilotti Saint Martin

Nícolas Guimarães Ohofugi

Venina de Souza Oliveira

COLABORADORES

Adriana Vanessa Mendes Moreira- Diagramação

Mariane Gonzalez - Redação

SUMÁRIO

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO	05
Capítulo 2 – O QUE SÃO CORREDORES VERDES?	07
Capítulo 3 – COMO SÃO ESTRUTURADOS?	11
▫ 3.1. MITIGAÇÃO	13
▫ 3.1.1 Corredores verdes de carga: modo rodoviário	14
▫ 3.1.2 Corredores verdes de navegação	18
▫ 3.1.3 Corredores verdes na aviação	24
▫ 3.1.4 Corredores verdes e intermodalidade	28
▫ 3.2. ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS DO CLIMA	30
▫ 3.2.1 Corredores verdes como medida adaptativa	32
▫ 3.2.2 Corredores ecológicos de conectividade	34
Capítulo 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
Capítulo 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38



INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

As atividades humanas tem impactado no aumento da temperatura média global, que já alcançou cerca de 1,1 °C de aumento desde a revolução industrial (1). A busca pela retomada do equilíbrio climática direcionou os objetivos do Acordo de Paris para a promoção de medidas de mitigação de Gases de Efeito Estufa (GEE) na criação de políticas e estratégias em âmbito nacional ou individual. Os países membros se comprometeram a reportar as Contribuições Nacionalmente Determinadas - NDCs (do inglês, *Nationally Determined Contributions*), estabelecida para a elaboração e comunicação de ações climáticas pós-2020. A transição energética tem buscado o uso de energias renováveis como caminho da descarbonização dos setores e alcance da meta de estabelecidas no âmbito do Acordo de Paris de redução das emissões de GEE até 2050, de modo a limitar o aumento da temperatura do planeta a 1.5° C (2).

Nesse contexto, o setor de transporte apresenta grande potencial para o combate às mudanças climáticas, pois demanda 57% da energia global derivada de petróleo (3,4). O consumo de combustíveis derivados do petróleo teve uma participação de 95% de toda energia consumida no setor de transporte (5). Dessa forma, o setor representa aproximadamente 24% das emissões globais totais de CO₂ relacionadas a energia (6).

O Brasil se compromete, em sua NDC, a atingir uma redução de 48% na emissão de GEE até 2025 e de 53% até 2030, em relação às emissões de 2005 (7). No entanto, não há metas específicas na NDC brasileira para a mitigação de emissões nos transportes, em que a demanda energética apresentou tem apresentado aumento nos últimos anos (8).

A descarbonização de modos de transporte de carga que envolvem mais de uma região ou país sofrem com barreiras tecnológicas, regulatórias e mercadológicas. Os modos marítimo e aéreo internacional são regidos por metas de redução de emissões de GEE estabelecidas por organizações internacionais, como a Organização Marítima Internacional (IMO) e International Civil Aviation Organization (ICAO – Organização da Aviação Civil Internacional, OACI, em português), que impõe a necessidade de alterações em portos e aeroportos, fluxos de cargas, tecnologia das embarcações e regulamentações de diversos países para a adoção de medidas e ações coordenadas entre diferentes regiões e países para a descarbonização desses

modos de transporte.

Dessa forma, os modos de difícil descarbonização do setor de transportes, como o modo aéreo, aquaviário e transporte rodoviário de carga, têm a necessidade de transição do uso de energias de origem fóssil para energias limpas e renováveis (9,10). A transição energética busca medidas de redução da emissão de GEE ao longo do tempo para alcançar a descarbonização do setor, por meio da mudança ou adaptação de tecnologia dos meios de transporte por eletrificação, aumento da eficiência energética, digitalização e adoção de combustíveis alternativos como metanol, hidrogênio verde, biocombustíveis avançados e amônia.

Para que isso seja alcançado, iniciativas de tornar sustentável um corredor de transporte entra em cena como estratégia para promover a descarbonização dos modos de transporte que necessitam de ações integradas e eficientes entre diferentes terminais e partes com distância significativa entre eles (11).

Nesse contexto, este Boletim de Logística busca responder às seguintes perguntas: O que são os Corredores Verdes (CV)? Como são estruturados?

Para responder à primeira pergunta, interposta na segunda seção, busca-se estabelecer o conceito de corredor verde, e consolidar os diferentes tipos de corredores verdes associados ao transporte de carga, sobretudo o de longa distância, sob os aspectos da mitigação de GEE e da adaptação às mudanças do clima.

Para apresentar a estrutura dos diferentes tipos de CV, são apresentados os principais atores de interesse e as suas interrelações, as tecnologias utilizadas e os benefícios para a descarbonização ou adaptação do modo de transporte, bem como as barreiras a serem superadas para a sua implementação, permitindo o alcance de metas de redução de emissões e de um sistema de transporte de carga mais resiliente às ameaças da mudança do clima.



O QUE SÃO CORREDORES VERDES?

2. O QUE SÃO CORREDORES VERDES?

Os corredores de transporte podem ser definidos a partir da distância percorrida associada a ligação entre cidades, regiões, países ou continentes, que necessariamente aborda, para além da integração modal, a governança, desburocratização, eficiência logística e operacional.

Um corredor de transporte se caracteriza em fluxo de mercadorias transportadas por trajetos com distâncias normalmente superiores a 500 quilômetros entre dois terminais. Em um contexto como encontrado na União Europeia, o corredor de transporte pode atravessar ao menos dois ou três países diferentes, enquanto para a realidade da dimensão continental do Brasil, pode atravessar alguns Estados/Unidades da Federação (UF) ou regiões do território nacional. Dessa forma, a infraestrutura empregada em corredores de permitem a conexão entre duas ou mais áreas urbanas, podendo ser associado também ao transporte de passageiros (11).

Sob a perspectiva operacional, a estrutura de um corredor de transportes pode requerer paradas intermediárias, que devem ser gerenciadas de modo a serem curtas para reduzir o tempo total do transporte ao longo de todo o corredor. Dessa forma, o tráfego nas capilaridades pode impactar no tempo e efetividade no atendimento à demanda.

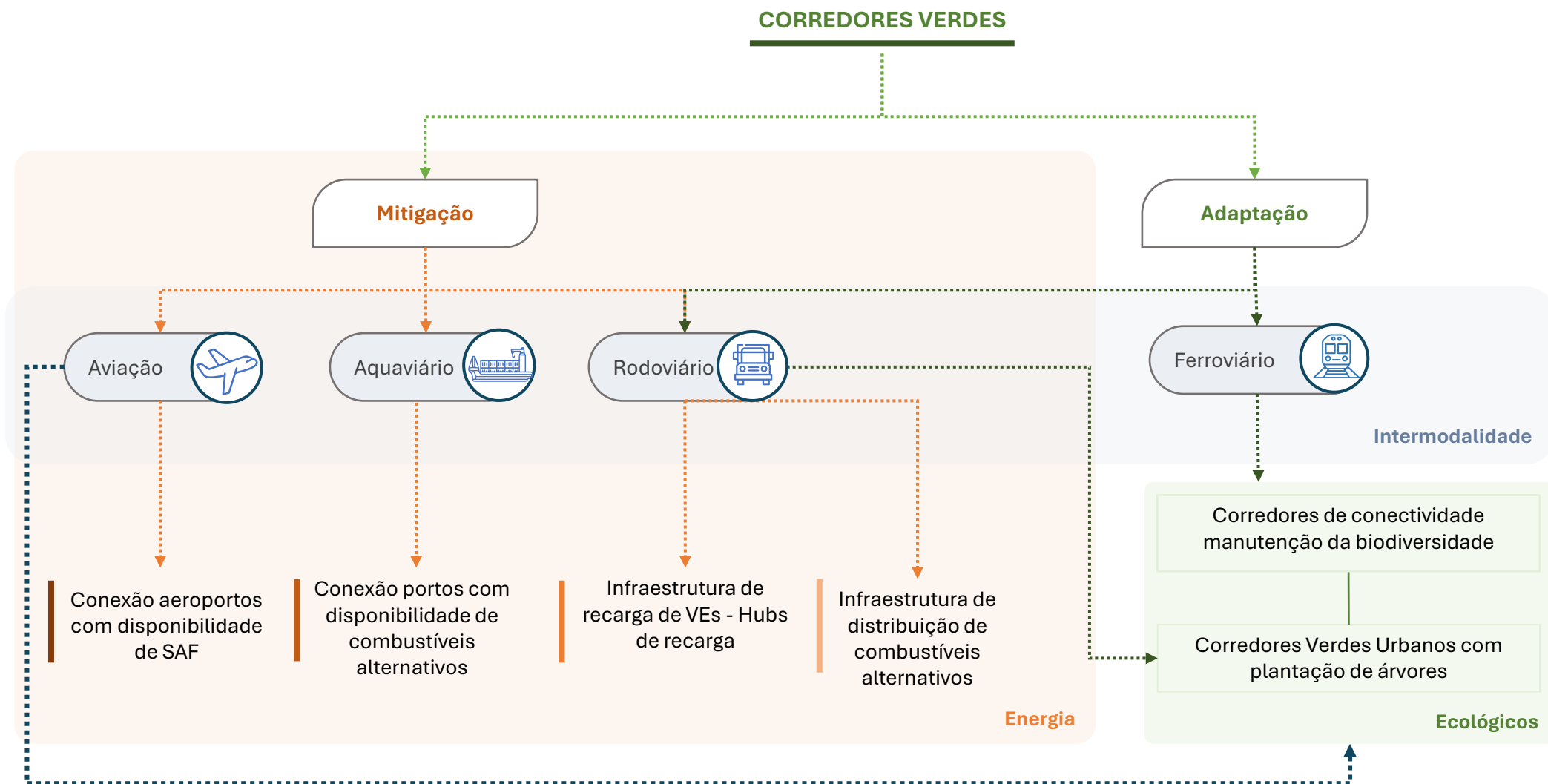
O corredor de transporte pode reduzir as desigualdades regionais, por meio da distribuição de produtos e riquezas, existentes ao longo da sua extensão, e promover o desenvolvimento econômico. A integração modal permite que o corredor de transporte tenha ganhos com eficiência e redução de custos.

Nesse contexto, frente a necessidade de internalizar os conceitos de sustentabilidade sobretudo à demanda de redução de impactos ambientais, os corredores de transporte verdes podem ser caracterizados pelo transporte intermodal de cargas realizado por modos de transporte sustentáveis na maior parte do percurso. O corredor de transporte verde é um conceito de transporte integrado que relaciona, de forma complementar, a navegação de curta distância, o transporte ferroviário, o hidroviário interior e o rodoviário, com o objetivo de assegurar o funcionamento de um sistema de transporte sustentável e a aplicação de tecnologias avançadas (12). Além disso, outros fatores compõe os corredores verdes como a implementação de novas tecnologias e acessibilidade que facilitem o transbordo de mercadorias, escolha estratégica de terminais, inovação e, sobretudo o sistema de comunicação que permita a otimização do transporte (11).

Os corredores verdes são divididos em dois tipos, neste estudo. O primeiro está relacionado principalmente, mas não apenas, ao tipo de energia e tecnologia utilizadas na busca pela descarbonização do setor de transportes e mitigação das emissões de GEE e, o outro, relacionado às medidas adaptativas, considerando os corredores ecológicos como Solução baseada na Natureza (SbN). A Figura 1 apresenta a relação dos corredores verdes e os modos de transporte, considerando os esforços de mitigação e adaptação às mudanças do clima.

2. O QUE SÃO CORREDORES VERDES?

Figura 1. Fluxograma dos diferentes tipos de corredores verdes



Fonte: Elaborado pelos autores

2. O QUE SÃO CORREDORES VERDES?

Quais os principais combustíveis utilizados nos diferentes modos de transporte?

Modo Rodoviário



O modo **rodoviário de carga** utiliza principalmente o diesel mineral, proveniente de fontes fósseis. Para o transporte **rodoviário de passageiros**, o transporte público por ônibus também utiliza o diesel, enquanto veículos individuais, como automóveis, utilizam em sua maioria a gasolina ou etanol hidratado. Ambos possuem, no Brasil, mistura regulamentada de biocombustíveis à eles, sendo atualmente utilizados o B15 (15% de mistura de biodiesel ao diesel) e o E30 (30% de mistura etanol anidro à gasolina). Vale ressaltar que o modo rodoviário possui diversos meios de transporte, como o transporte ativo, motocicletas, comerciais leves, dentre outros. Essa diversidade implica em uma variedade de fontes energéticas.

Modo Ferroviário



O modo **ferroviário para o transporte de carga** utiliza o diesel mineral, enquanto o transporte ferroviário de passageiros, em sua maioria utiliza como fonte motriz a eletricidade e pode ser realizado por meio do metrô, Veículos Leves sobre Trilhos (VLT), trens urbanos, dentre outros. A eletrificação do transporte de carga pelo modo ferroviário enfrenta como principal barreira o elevado custo de capital inicial para renovação da infraestrutura e de locomotivas frente às unidades que utilizam diesel. Além disso, carros de empilhamento duplo (*double-stack*), em que a instalação de cabos aéreos exigiria modificações em pontes e túneis existentes, elevando os custos.

Modo Aquaviário



Atualmente, cerca de 98% das embarcações marítimas são abastecidas por combustíveis marítimos tradicionais, de origem fóssil classificados em duas categorias: (1) residuais, utilizados em motores de embarcações de grande porte, como óleo combustível marítimo, bunker, *marine fuel*, óleo combustível com baixo e ultrabaixo teor de enxofre; e (2) destilados, utilizados em motores de embarcações de pequeno e médio portes, como o diesel marítimo e o *marine gasoil*. As demais embarcações (2%) utilizam motores elétricos ou com propulsão por combustíveis como o gás natural liquefeito (GNL), gás liquefeito de petróleo (GLP), metanol, hidrogênio e amônia.

Modo Aéreo



Em sua maioria, as aeronaves utilizam o querosene de aviação (QAV) como principal fonte energética, que provém de fontes fósseis. Em aeronaves de menor porte, pode ser utilizada a gasolina de aviação. No Brasil, todo o transporte aéreo utiliza o querosene de aviação, enquanto a gasolina representa uma parcela muito pequena do consumo energético. Vale pontuar que o transporte de carga do modo aéreo normalmente é realizado de forma mista, com aeronaves que operam o transporte de passageiros e de carga, que pode ser transportada no deck principal ou no porão da aeronave. Os cargueiros, com voos dedicados ao transporte de carga ocorrem em menor quantidade frente ao de passageiros ou mistos.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em (8,13,14,15,16,17)



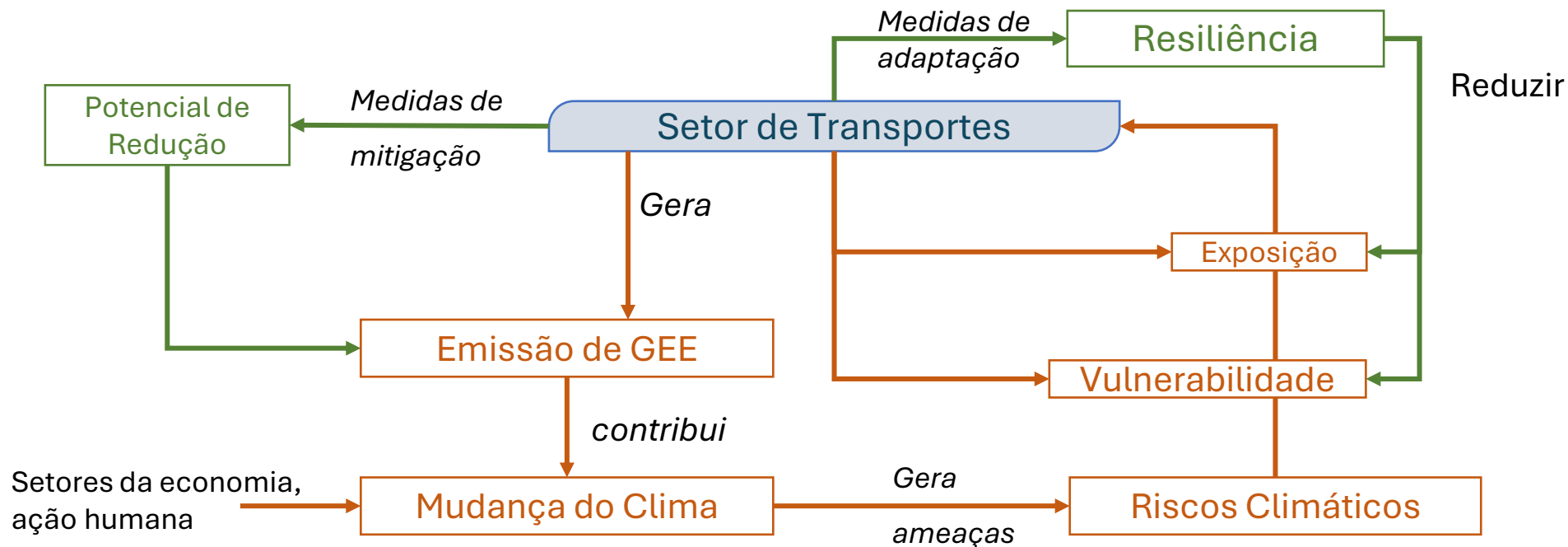
3 COMO SÃO ESTRUTURADOS?

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

O setor de transporte, por meio de suas operações e infraestrutura, atua como um vetor primário na emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), representando cerca de 33% do consumo total de energia do setor energético (8). Esse fluxo de emissões, somado às atividades de outros setores econômicos e à ação humana, contribui diretamente para o agravamento da mudança do clima. Como consequência, observa-se uma cadeia de impactos ambientais e sociais que elevam os riscos sistêmicos, exigindo uma resposta coordenada que integre tanto o potencial de redução das emissões (Mitigação) quanto o fortalecimento da resiliência setorial (Adaptação). A Figura 2 apresenta o fluxo lógico de entre as emissões e os riscos climáticos, mitigação e medidas adaptativas.

Nesse contexto, as medidas de adaptação tornam-se indispensáveis para reduzir a exposição e a vulnerabilidade da infraestrutura e dos ativos de transporte frente aos novos cenários climáticos. Enquanto as medidas de mitigação focam na causa, as emissões de GEE, as estratégias de adaptação buscam aumentar a capacidade de resposta do sistema às ameaças do clima. O objetivo final é criar um ciclo de retroalimentação positiva, em que medidas de mitigação são associadas às de adaptação, permitindo que o setor de transportes opere de forma sustentável, minimizando os danos causados pelos eventos climáticos extremos.

Figura 2. Fluxo lógico dos conceitos de mitigação das emissões de GEE e adaptação às mudanças do clima, considerando os componentes de risco climático



Fonte: Elaborado pelos autores

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

3.1 MITIGAÇÃO

As medidas de mitigação buscam reduzir as emissões de GEE, ou promover a captura de carbono, de modo a evitar o efeito de aquecimento do planeta e as ameaças decorrentes das mudanças do clima. Os corredores verdes surgem como medida que viabiliza a inserção de novas tecnologias, sobretudo em modos de transporte de difícil descarbonização (*hard-to-abate*). O transporte rodoviário de carga de longa distância, por meio de caminhões pesados, embarcações do modo marítimo e o modo aéreo são exemplos de modos de difícil descarbonização (10).

De modo geral, as barreiras para a descarbonização desses modos residem na paridade de custos das fontes energéticas alternativas, incertezas tecnológicas e necessidade de expansão da oferta de energia. Ainda, barreiras regulatórias e mercadológicas retardam a adoção dessas tecnologias, sobretudo em modos que operam em mais de um país ou região. A falta de padronização em operações transfronteiriças cria incertezas jurídicas para investidores. Enquanto tecnologias emergentes, como eletrificação do transporte ou uso células de combustível, enfrentam limitações de densidade energética e autonomia para longas distâncias, essas tecnologias permanecem inviáveis em curto e médio prazo.

Nesse contexto, a implementação de corredores verdes é uma estratégia que pode potencializar novas tecnologias para uso de combustíveis alternativos de baixa ou zero emissão, bem como podem promover a intermodalidade, de forma a tornar o corredor verde mais eficiente e com menor emissão de GEE.



3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

3.1.1 Corredores verdes de carga: modo rodoviário

O modo rodoviário é frequentemente utilizado para o transporte de carga ainda que apresente menor eficiência energética para esse fim e maior taxa de emissão por tonelada de carga transportada. A previsão é que o transporte rodoviário de carga triplique até 2050 (18).

O transporte de carga realizado por veículos de carga médios e pesados (*medium- and heavy-duty vehicles* – MHDVs) são altamente dependentes do diesel e tem se apresentado como um dos principais emissores de gases poluentes (19), figurando como um modo de difícil descarbonização, devido à alta densidade energética exigida para mover cargas pesadas por longas distâncias (10,20). Vale pontuar, ainda, que a substituição do diesel fóssil por fontes alternativas de energia garante maior segurança energética, já que possíveis flutuações no preço do diesel podem decorrer de instabilidades na produção e fornecimento de petróleo no mercado internacional.

A problemática central reside na predominância do modo rodoviário para o escoamento de mercadorias em corredores inter-regionais, o que gera externalidades ambientais negativas, como a poluição atmosférica local e de GEE.

Nesse contexto, a estratégia europeia consiste na implementação de corredores verdes, por meio da transferência modal (*modal shift*) e na intermodalidade, desviando os fluxos de carga das rodovias para ferrovias e, quando possível, hidrovias em trajetos superiores a 300 km, utilizando o caminhão apenas nos trechos iniciais e finais (*last mile*) (21), construindo-se corredores verdes intermodais por todo o continente europeu, com a criação da Rede Transeuropeia de Transporte (TEN-T) (22).

Embora a transferência modal para ferrovias e hidrovias seja amplamente reconhecida como a estratégia de maior impacto para aumento da eficiência energética (11), sua implementação em países emergentes, como os países na América Latina, enfrenta barreiras financeiras e estruturais profundas. O elevado custo de investimento inicial necessário para a construção de novas infraestruturas ferroviárias e o tempo de maturação desses projetos frequentemente competem com orçamentos públicos limitados, o que mantém a economia desses países dependente da malha rodoviária existente, exigindo

soluções que descarbonizem o transporte no curto prazo.

Na América Latina e no Caribe, o acesso ao financiamento para a transição para veículos de emissão zero (ZEV) é uma barreira crítica, em que o custo de capital para renovação da frota e infraestrutura de suporte impede a adoção em larga escala (23).

Assim, a busca para a adoção de novas tecnologias de baixa ou zero emissão tem sido a alternativa para a manutenção do modo rodoviário e que pode ser viabilizada pela construção de infraestrutura de abastecimento nos corredores de transportes. Portanto, a estratégia de corredores verdes rodoviários (CVR) torna-se uma alternativa técnica para garantir que a logística de longa distância possa evoluir sem aguardar pela possibilidade de transferência modal.

Os CVRs surgem como uma ferramenta de governança e infraestrutura essencial para viabilizar a transição energética de forma escalável. Vale destacar que o corredor verde não se limita apenas à via física, mas engloba um sistema que envolve infraestrutura de reabastecimento com alternativas energéticas de baixo ou zero emissões, ativos digitais para gestão de tráfego, incentivos regulatórios, sendo necessário para isso uma colaboração multissetorial robusta. A estrutura técnica desses corredores deve ser planejada para atender às necessidades específicas das tecnologias que se planeja adotar ou ampliar, garantindo a confiabilidade do serviço para evitar gargalos logísticos (24).

As principais iniciativas para a descarbonização do modo rodoviário de carga, excetuando-se a transferência modal, consiste na eletrificação ou uso do biometano na frota. Há ainda iniciativas que buscam avaliar a viabilidade do uso direto do H₂ verde no veículo. O uso do diesel verde também seria uma alternativa com rota de produção dependente do Hidrogênio Verde (H₂V).

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

A infraestrutura para a eletrificação de frotas MHDVs exige a instalação de estações de carregamento de alta potência distribuídos estrategicamente ao longo do corredor de transporte em intervalos que respeitem a autonomia desses veículos elétricos a bateria (BEVs) de modo a viabilizar a tecnologia nesse grupo específico de veículos. Ainda, os pontos de carregamento existentes nesse sistema devem coincidir com os pontos de parada obrigatórios de descanso dos motoristas. Isso exige um planejamento integrado com o setor elétrico para garantir que a rede de transmissão e distribuição suporte a alta demanda de carga de pico nesses locais. Além disso, a padronização dos conectores e dos protocolos de comunicação é vital para a interoperabilidade, permitindo que frotas de diferentes fabricantes utilizem a mesma rede de recarga ao longo do corredor (20).

Um exemplo dessa estratégia é o Regulamento de Infraestrutura para Combustíveis Alternativos (AFIR), implementado na Europa no contexto de corredores verdes TEN-T, que estabelece metas mandatórias para a descarbonização do transporte rodoviário em que não foi possível a transferência modal. O AFIR determinou a instalação de estações de recarga rápida para caminhões e ônibus a cada 120 km ao longo de 15% da rede TEN-T até 2025, cobertura que deve alcançar 100% até 2030. Nessas rotas principais (*Core TEN-T*), a distância máxima entre estações de recarga será reduzida para 60 km, garantindo a autonomia necessária para veículos de emissão zero. Além da eletrificação, o regulamento prevê a implantação de infraestrutura de abastecimento de hidrogênio a cada 200 km até 2030, assegurando que a conectividade intermodal europeia tenha o suporte de uma rede de energia limpa, capilar e tecnicamente integrada (25).

Para o uso de biometano, a estrutura do CVR deve focar na produção descentralizada e no aproveitamento de resíduos orgânicos, transformando-os em combustível de baixo carbono que pode ser injetado na infraestrutura de gás natural já existente ou distribuído em postos dedicados de Gás Natural Veicular (GNV)/Biometano. No Espírito Santo foi implementado um CVR de biometano que atua como uma solução de transição imediata, oferecendo uma redução significativa das emissões após a conversão do caminhão a diesel para operar com o biometano ou GNV. Isso impacta no Custo Total de Propriedade (TCO) que o torna competitivo devido ao menor *Capex* (*Capital Expenditure* ou Despesas de Capital), já que não há a necessidade de renovação da frota, e à disponibilidade

local do combustível (26).

A estrutura para implementação de CVR com fornecimento de H₂V exige terminais de armazenamento e compressão de alta tecnologia, capazes de gerenciar o gás em estado comprimido ou liquefeito. O H₂V é considerado o combustível ideal para as rotas de longa distância, em que o peso e o espaço necessários para acomodação das baterias elétricas poderiam comprometer a capacidade de carga útil do caminhão, exigindo centros de abastecimento rápidos e seguros (20).

Sendo assim, a viabilização desses corredores depende de um modelo de governança robusto que distribua responsabilidades entre diversos atores e alinhe interesses econômicos com metas ambientais. Um dos fatores de sucesso para corredores verdes, a governança, deve ser multissetorial, envolvendo os setores público, privado e financeiro em uma estrutura de cooperação formalizada. Os principais pilares de sustentação incluem fornecedores de energia limpa e infraestrutura de abastecimento; indústria de bens de capital; operadores logísticos e transportadoras; e embarcadores (donos da carga) (24).

Os fornecedores de energia e infraestrutura são responsáveis por garantir a rede de abastecimento e a resiliência do fornecimento de combustíveis renováveis ou eletricidade, realizando a venda do insumo e um co-investimento na infraestrutura de distribuição necessária para que o corredor seja funcional em toda a sua extensão (24)(GGRC, 2024).

Os fabricantes de veículos devem fornecer caminhões tecnologicamente capazes e com garantias de manutenção que reduzam o risco para os transportadores. A disponibilidade de modelos adaptados às condições geográficas e de carga locais é essencial para a escala do corredor (20).

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

Os operadores logísticos e transportadores assumem o risco direto da renovação da frota. Em mercados emergentes, como na América Latina, o papel desses atores depende de novos modelos de negócio, como o "Truck-as-a-Service" (TaaS) ou o *leasing* de baterias, que permite adquirir veículos elétricos (VEs) a um custo inicial menor, separando o valor da bateria do veículo. A bateria permanece em posse da marca, reduzindo riscos de desvalorização e custos de manutenção. É uma opção que viabiliza a tecnologia, oferecendo baterias com garantias de desempenho, diluindo o alto custo de aquisição inicial, com impacto nos custos operacionais (23).

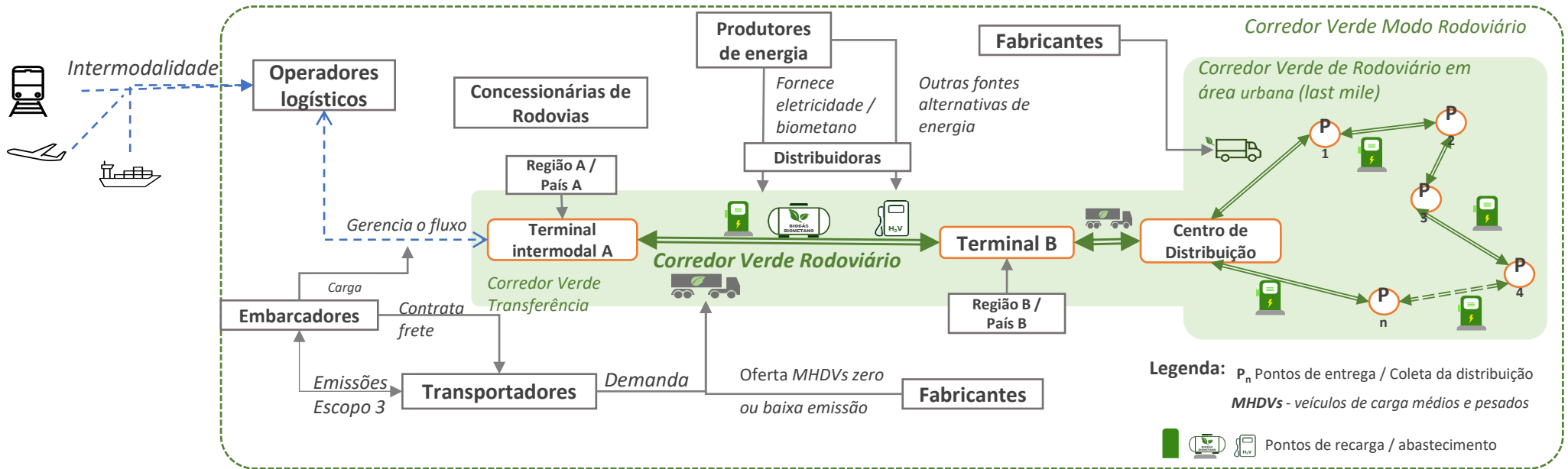
Os embarcadores (donos da carga) atuam como os principais indutores da demanda ao exigir fretes de baixa emissão para cumprir suas metas de redução de emissões do Escopo 3¹. Ao garantirem contratos de longo prazo com transportadores verdes, eles fornecem a segurança financeira necessária para os

investimentos em tecnologia (24).

O papel dos bancos de desenvolvimento, como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) ou o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e dos investidores privados é necessário, sobretudo em países em desenvolvimento, para fornecer crédito a taxas subsidiadas ou mecanismos de garantia que diminuam o risco do investimento em uma tecnologia ainda em maturação (23).

A Figura 3 esquematiza a relação entre as principais partes interessadas na implementação dos Corredores Verdes Rodoviários (CVR).

Figura 3 . Correlação entre os principais atores relacionados à viabilização e operação de corredor verde rodoviário



¹ O Escopo 3 refere-se às emissões indiretas de gases de efeito estufa (GEE) que ocorrem na cadeia de valor de uma empresa, fora do seu controle direto, abrangendo desde fornecedores (*upstream*) até o uso final dos produtos pelos clientes (*downstream*). Ele inclui emissões em transporte, resíduos, viagens de negócios e uso de produtos vendidos.

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

A adoção de políticas públicas e marcos regulatórios pode garantir a segurança jurídica, criando um ambiente regulatório necessário para a transição energética do transporte rodoviário de carga. Conforme reforçado pelo Plano de Ação Multi-Países (27), a coordenação governamental deve focar na harmonização de padrões técnicos e na criação de incentivos fiscais que acelerem a adoção de veículos pesados de emissão zero (ZE-MHDV). Isso inclui desde a redução de impostos sobre a importação e produção de tecnologias verdes até a internalização de custos externos do diesel fósseis (21).

A importância da governança pública também se reflete na gestão dos dados. O uso de tecnologias de informação e comunicação (ICT) para monitorar as emissões e otimizar o fluxo de carga dentro do corredor permite uma gestão mais eficiente das externalidades (12). Na China, por exemplo, o governo acelerou planos para sistemas de transporte inteligentes e verdes até 2030, integrando inteligência artificial e corredores de baixo carbono para modernizar a logística nacional (28).

No Brasil, o desenvolvimento de corredores verdes rodoviários começa a ganhar tração através de parcerias estratégicas que buscam unir a infraestrutura à política industrial. Um exemplo emblemático é o projeto voltado para a Via Dutra, o eixo rodoviário mais importante do país. A iniciativa visa transformar a ligação entre São Paulo e Rio de Janeiro no primeiro corredor verde de transporte de carga de grande escala nacional, integrando postos de abastecimento sustentável e incentivos para que frotas pesadas utilizem tecnologias limpas

(29,30). A governança deste projeto envolve a concessionária da rodovia, empresas de energia e grandes transportadores que operam na rota, criando um laboratório para a implementação de tecnologias de emissão zero na logística brasileira.

Complementarmente, o estado do Rio de Janeiro tem avançado em políticas públicas para expandir a rede pública de recarga para veículos elétricos. O estado prevê, com apoio da iniciativa *Laneshift*, da C40 Cities em colaboração com o The Climate Pledge, uma ampliação significativa da capilaridade de eletropostos para atender ao transporte urbano de carga que circulam por seu território (31). Essa ação estatal reduz a ansiedade de autonomia dos transportadores e sinaliza ao mercado a irreversibilidade da transição.

Portanto, a estruturação de corredores verdes rodoviários exige uma integração profunda entre infraestrutura tecnológica e uma governança colaborativa que envolva todos os atores da cadeia. Ao focar em rotas estratégicas como a Via Dutra e em *hubs* regionais como o Rio de Janeiro e o Espírito Santo, pode-se mitigar as emissões onde elas são mais concentradas e possibilitado uma futura intermodalidade sustentável.

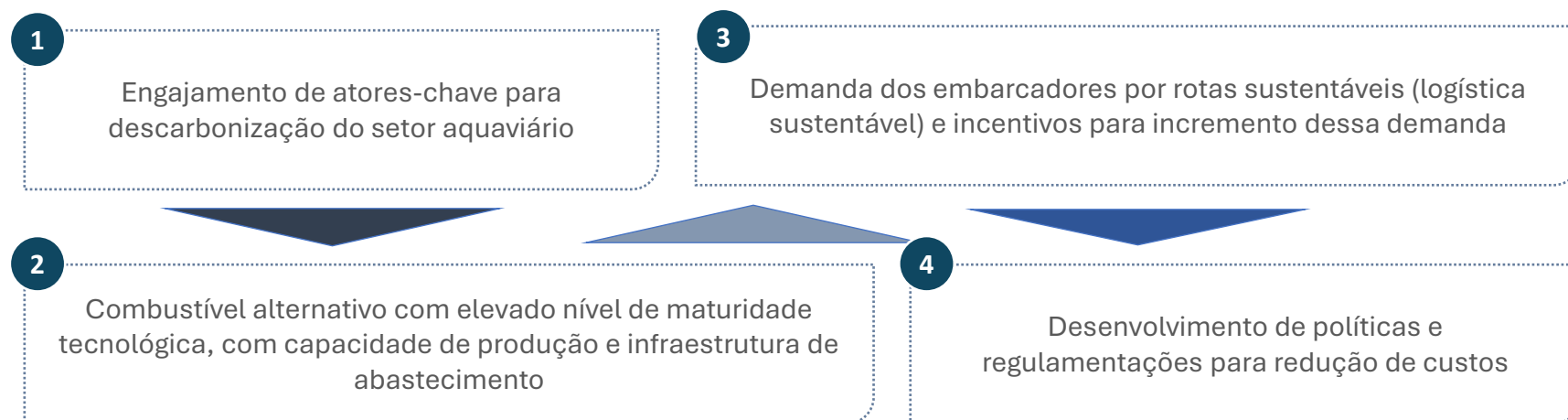
3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

3.1.2 Corredores Verdes de Navegação

Os Corredores Verdes de Navegação (CVN) tiveram sua primeira aparição com a declaração de Clydebank, que ocorreu durante a COP 26, em 2021, e consistem em rotas específicas entre portos que permitam a implementação de infraestrutura dedicada às novas tecnologias de baixo ou zero carbono, por meio de governança compartilhada, que atua como catalisador para acelerar a transição energética do modo aquaviário (32).

A estruturação de um CVN depende do engajamento de atores-chave; da oferta de combustíveis alternativos que atenda à demanda; da manutenção da demanda de clientes, que estejam dispostos a pagar um valor mais alto para transporte de bens e mercadorias com emissões de GEE reduzidas; e um arcabouço legal que o regulamente (Figura 4).

Figura 4. Etapas de construção necessárias para potencializar a implementação de corredores verdes de navegação



Fonte: Elaborado pelos autores com base em (33).

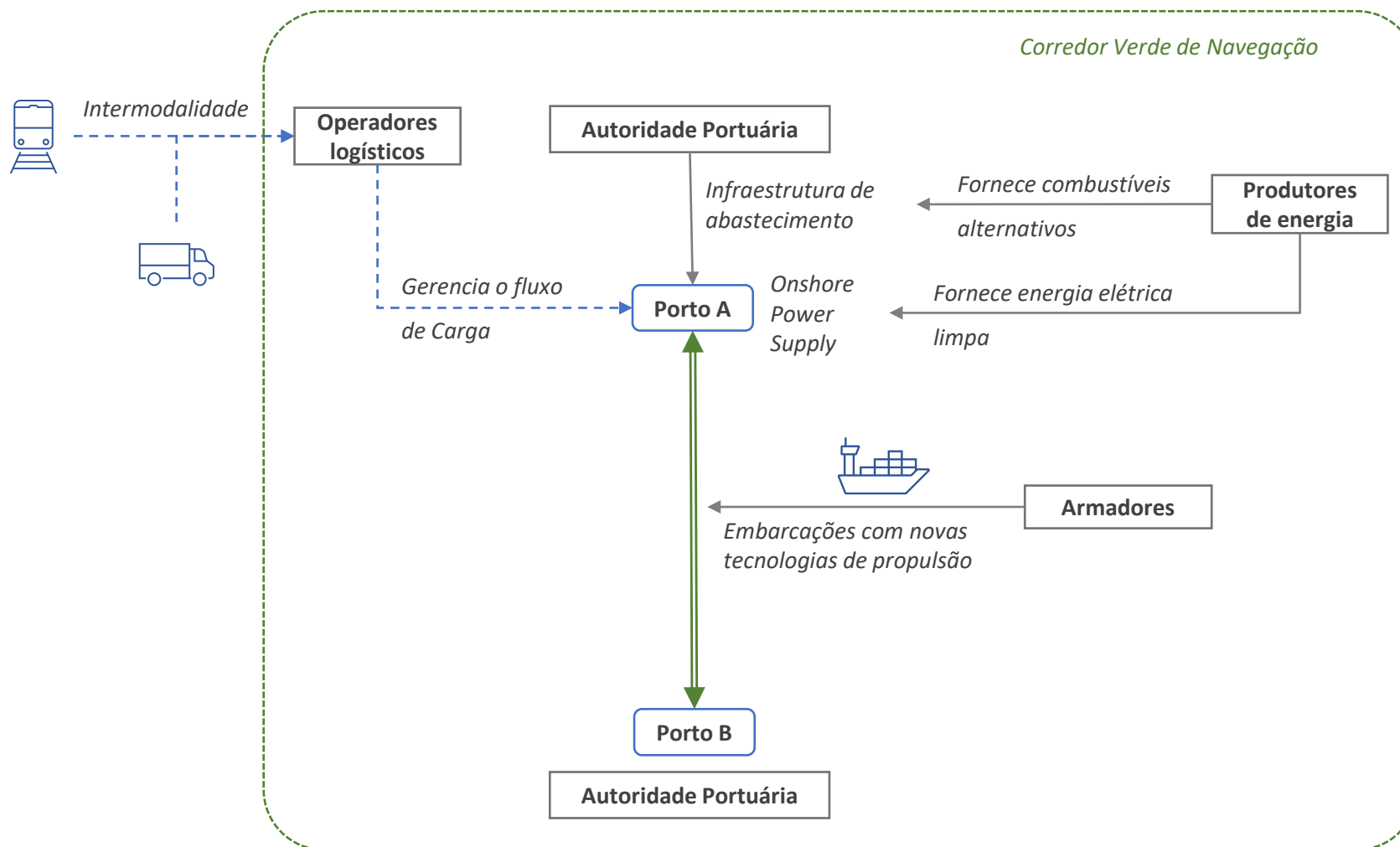
Essa estruturação visa atender diretamente aos marcos da governança climática internacional, especialmente às diretrizes da Organização Marítima Internacional (IMO). A revisão estratégica da IMO, aprovada em 2023, definiu metas rigorosas de redução absoluta de emissões: pelo menos 20% até 2030, avançando para 70% até 2040, com o objetivo final de alcançar a neutralidade climática (*Net Zero*) até 2050 (34). Tais metas impõem a necessidade de uma mudança tecnológica acelerada nos sistemas de propulsão e na infraestrutura de abastecimento (*bunkering*), em que os corredores verdes impulsionam a adoção de novas tecnologias em escala operacional real.

Para que isso ocorra, é necessária a integração voluntária entre os diversos atores envolvidos para viabilização da operação CVN, inclusive envolvendo, em muitos casos, partes de diferentes países. Isso impõe desafios devido à complexidade do gerenciamento dos CVN, que podem ter atuado em papéis diferentes antes da estruturação do CVN como, por exemplo, de clientes ou mesmo de competidores.

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

Dentre as principais partes interessadas estão as autoridades portuárias, governo e agências públicas, armadores² e operadores logísticos³ e produtores de combustíveis (35), conforme esquema apresentado na Figura 5.

Figura 5. Correlação entre os principais atores relacionados à viabilização e operação de corredor verde de navegação



² Empresas de navegação, proprietárias das embarcações.

³ Empresas que gerenciam a movimentação da carga.

Fonte: Elaborado pelos autores

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

A construção dessas rotas exige integração entre as autoridades portuárias, por meio do alinhamento das estratégias de implementação de infraestrutura de abastecimento compatíveis com combustível alternativo que se pretende implementar e que atenda às demandas de redução de emissões de GEE e atingimento das metas estabelecidas.

Nesse contexto, os fornecedores de energia devem garantir a oferta de combustíveis limpos, enquanto os armadores, a tecnologia embarcada, de modo que ambas estejam tecnicamente sincronizadas. Vale pontuar que a infraestrutura portuária pode, ainda, implementar um sistema que permita o abastecimento de energia elétrica para as embarcações (*Onshore Power Supply – OPS*), evitando a queima de combustível e a emissão, sobretudo de poluentes de efeito local durante esse período, garantindo a qualidade do ar.

O Brasil pode ganhar notoriedade nesse quesito por apresentar uma matriz elétrica com cerca de 88% da energia elétrica gerada por fontes limpas (8). A energia elétrica fornecida no porto pode ser, ainda, proveniente da compra de energia limpa no Mercado Livre de Energia, garantindo a redução das emissões de GEE.

Os operadores logísticos são responsáveis pelo gerenciamento do fluxo de carga que pode destinar o transporte da carga para os corredores verdes. Isso pode ser viabilizado por meio da otimização operacional e da digitalização, que funcionam como alavancas para a redução de emissões, sem exigir trocas de frota expressivas no curto prazo. Medidas como sincronização *Just-in-Time Arrival* (JIT), por exemplo, permitem coordenar a velocidade de navegação com a disponibilidade de cais, reduzindo o tempo de fundeio e espera, resultando em menor consumo de combustível e as emissões associadas.

A implementação de CVN gera impactos ambientais positivos imediatos ao promover a substituição de combustíveis fósseis por alternativas como biocombustíveis, metanol verde, amônia e hidrogênio renovável. Além da mudança na matriz energética, esses corredores impulsionam a eletrificação da infraestrutura portuária, incluindo sistemas OPS, e a eletrificação de equipamentos de pátio. O Brasil tem avançado nesses aspectos ao mensurar e monitorar a eficácia dessas ações por meio de instrumentos de governança como o IDA-Navegação⁴ e a matriz M.A.R.E.S.⁵, que estabelecem métricas

auditáveis para monitorar o desempenho ambiental das embarcações e instalações no Brasil (36).

Essas ações tomadas junto à desburocratização de processos de licenciamento e à padronização de dados, a otimização logística permite que os corredores alcancem ganhos de eficiência, podendo as rotas de baixo carbono se tornarem economicamente competitivas frente aos modelos tradicionais.

A principal barreira para a implementação de CVN está em torná-lo viável economicamente, ambientalmente e em aspectos relacionados à governança. A barreira econômica está associada à diferença do custo entre combustíveis de baixa ou zero emissão frente aos combustíveis fósseis convencionalmente utilizados no setor aquaviário somado à baixa disposição de embarcadores para pagar essa diferença de forma voluntária, desincentivando o investimento dos armadores para renovação da frota com nova tecnologia de propulsão para operar com combustíveis de baixa ou zero emissão. As barreiras incluem, ainda, a complexidade de padronizar protocolos técnicos globais para o abastecimento (*bunkering*) de amônia e hidrogênio, dadas as preocupações com toxicidade e inflamabilidade (36).

Nesse contexto, sob a perspectiva de implementação em curto, médio e longo prazo, deve ser considerado o equilíbrio entre viabilidade técnica e densidade energética dos combustíveis alternativos.

Entre as principais alternativas de curto e médio prazo para o modo aquaviário, os biocombustíveis, como o biodiesel e o HVO (diesel verde), destacam-se como soluções *drop-in*, pois podem ser utilizados na infraestrutura e nos motores atuais sem necessidade de modificações, embora ainda apresentem um custo superior ao combustível fóssil. No caso do etanol, apesar da viabilidade técnica, a sua menor densidade energética exige um volume de armazenamento significativamente maior a bordo (37).

⁴ Índice de Desempenho Ambiental da Navegação.

⁵ Matriz de Acidentes Ambientais, para atuação preventiva, focando em identificação de riscos, gestão de danos e monitoramento e auditoria.

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

O metanol tem se apresentado como uma tecnologia presente em parte significativa das novas encomendas para renovação da frota mundial (36). A vantagem no seu uso consiste em ser um combustível líquido em temperatura ambiente, facilitando o manuseio, embora assim como o etanol, também exija tanques maiores para compensar a sua menor densidade energética em comparação com as opções atuais (37).

Para o longo prazo, a amônia e o hidrogênio surgem como as apostas para emissão zero no ponto de uso. A amônia é particularmente atrativa por não conter carbono, mas a sua elevada toxicidade e corrosividade impõem barreiras rigorosas de segurança e engenharia (36,37). Já o hidrogênio, apesar do seu potencial sustentável, possui uma densidade energética volumétrica extremamente baixa, o que torna o seu armazenamento e distribuição um desafio logístico para viagens de longo curso.

Dessa forma, a principal barreira comum a quase todas essas alternativas, excetuando-se dos biocombustíveis avançados, seria a necessidade de um espaço de armazenamento muito superior àquele demandado pelo óleo combustível tradicional para garantir a mesma autonomia aos navios (37).

Sob a perspectiva ambiental, uma lacuna significativa reside na mensuração do Escopo 3 nos inventários de emissões, que pode representar a vasta maioria das emissões de um terminal portuário, dificultando a rastreabilidade completa da cadeia de suprimentos. Geopoliticamente, a transição pode criar dependências e ampliar a desigualdade ao acesso a tecnologias limpas.

No cenário brasileiro, as barreiras são marcadas por desafios estruturais e financeiros, como o elevado custo de capital e a ausência de mecanismos de mitigação de risco, como garantias públicas para tecnologias emergentes. Existe uma assimetria na maturidade ambiental entre os portos, onde a maioria ainda está em fases iniciais de planejamento ou restrita a projetos-piloto. Além disso, a frota de navegação interior brasileira apresenta elevada idade média e baixa padronização técnica, dificultando a adaptação do motor, enquanto a infraestrutura para o abastecimento de novos combustíveis ainda carece de regulamentação e normas de segurança específicas.

De acordo com o estudo publicado no Observatório Nacional de Transporte e Logística (ONLT) (36), o Brasil estabeleceu o Programa Nacional de Descarbonização para Portos e para Navegação (PND Portos e PND Navegação) em busca de sinergia com o cenário global de compromissos estabelecidos na COP 30, em Belém. Dessa forma, o Brasil busca alinhar suas políticas domésticas às internacionais, por meio da aplicação de práticas internacionais de eficiência energética, com iniciativas como o acordo entre o Porto do Açu e o Porto de Antuérpia-Bruges para a criação de um corredor verde de e-combustíveis, utilizando o potencial da matriz elétrica renovável brasileira para se atuar como um *hub* de exportação de energia limpa para a Europa. A convergência institucional é reforçada pela integração do PNL 2035 (Plano Nacional de Logística 2035) com a Estratégia Nacional do Hidrogênio (ENH2), visando posicionar o país como um líder global na produção de hidrogênio de baixa emissão. À medida que o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) avança, espera-se que os sinais de preço de carbono aproximem ainda mais o mercado brasileiro das exigências regulatórias internacionais, como o *EU ETS* Marítimo.

No monitoramento da maturidade das iniciativas realizado pelo Programa *Green Shipping Corridors*, do *Global Maritime Forum*, em 2025 (38), é apresentado um *framework* de quatro estágios: Iniciação; Exploração; Preparação, que compreende as fases pré-comercial e comercial; e de Realização, que se refere às etapas de construção e operação. Atualmente, foram mapeadas 84 iniciativas ativas, em sua maioria posicionadas na primeira etapa. O número de projetos que avançaram para a fase de Preparação, no entanto, dobrou entre 2024 e 2025, enquanto quatro corredores atingiram o estágio final de Realização. O estudo aponta que a liderança das iniciativas tem migrado de autoridades portuárias isoladas para coalizões lideradas pelo grupo denominado indústria e terceiros, o que demonstra um maior engajamento comercial no setor (38).

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

Atualmente, o CVN no Mar Báltico, entre Vaasa–Umeå (Finlândia–Suécia), através do Golfo de Bótnia, destaca-se como um dos corredores verdes mais maduros do mundo. Nesse corredor são utilizadas balsas que operam com biometano residual, sob legislação da União Europeia. A iniciativa beneficia-se diretamente do pacote legislativo "Fit for 55", por meio de dois pilares regulatórios o EU ETS (Sistema de Comércio de Emissões) e o *FuelEU Maritime*. O EU ETS impõe um custo financeiro direto sobre as emissões de carbono, incentivando a migração para combustíveis limpos, enquanto o *FuelEU Maritime* estabelece limites decrescentes para a IC da energia utilizada a bordo.

Além disso, a rota beneficia-se de isenções fiscais sobre combustíveis sustentáveis e acesso facilitado a subsídios do Fundo de Inovação da UE, que prioriza corredores com infraestrutura portuária já preparada para a eletrificação e abastecimento de baixo carbono.

Como funciona o FuelEU Maritime?

O *FuelEU Maritime* é uma regulação no âmbito do pacote legislativo *Fit for 55* estabelecido em 2021 e que visa a redução das emissões líquidas de GEE em, pelo menos 55% até 2030, garantindo o caminho para alcançar a neutralidade climática até 2050, em relação aos níveis de 1990, conforme a política de descarbonização de longo prazo estabelecido pelo *European Green Deal*, com metas específicas para os setores de energia, indústria e transporte.

Nesse contexto, o *FuelEU Maritime* busca promover o uso de combustíveis limpos e renováveis, de origem biológica ou não, no transporte aquaviário, bem como o uso de energia limpa para as embarcações com mais de 5.000 toneladas brutas⁶ que tenham como destino ou escala portos europeus, independentemente da bandeira. Para isso, estabelece metas de redução da IC ao longo do tempo, considerando a emissão de CO₂ e no ciclo de vida do combustível utilizado.



⁶ Embarcações com capacidade brutas acima de 5.000 toneladas representam cerca de 55% da frota e cerca de 90% das emissões de CO₂ do transporte marítimo (39).

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

Para a redução também dos poluentes atmosféricos de efeito local, determina a utilização do sistema OPS ou a implementação de tecnologias zero emissão, que deve vigorar a partir de 2030 em portos específicos e, a partir de 2035, em todos os portos da EU que tenham o sistema de OPS em funcionamento.

Assim, estimula o desenvolvimento e uso de novos combustíveis sustentáveis e tecnologias de carbono neutro, sem impor necessariamente um combustível ou tecnologia específica aos operadores.

Vale observar que para que não houvesse evasão fiscal ligada aos fatores e metas ambientais estabelecidas, há o mapeamento de portos de transbordo próximos cerca de 300 milhas náuticas de um porto na EU e que não implementam medidas equivalentes às regulamentações europeias. Dessa forma, impedem que embarcações que operam em transporte marítimo de

Fonte: (39,40,41)

longo curso tenha incidência da regulação apenas no pequeno trecho entre o porte de escala e o porto europeu.

O monitoramento da redução da IC é realizado por meio de um processo de apresentação de relatórios, que são revisados pela Comissão Europeia. As embarcações que não cumprirem os limites de IC estão sujeitas a sanções, em consonância com o princípio poluidor-pagador, proporcional à gravidade que impactam a vantagem competitiva obtida pela manutenção do uso de combustíveis fósseis. Isso ocorre devido a diferenças nos custos de combustíveis renováveis frente aos seus equivalentes fósseis, de modo a valorar as suas externalidades ambientais negativas. A receita proveniente das sanções será destinada a projetos de apoio à descarbonização do setor marítimo.

O corredor de minério de ferro entre a Austrália e o Leste Asiático é uma iniciativa que se consolida como uma das mais avançadas em termos de prontidão tecnológica e compromisso comercial, sendo impulsionada por grandes mineradoras que procuram descarbonizar as suas cadeias de suprimento e reduzir as emissões de Escopo 3. Para viabilizar esta transição, estão sendo encomendados navios graneleiros de grande porte equipados com tecnologia *ammonia-ready*, cujas entregas estão programadas para ocorrer entre 2026 e 2028. Este projeto conta com a liderança de atores-chave, como a Rio Tinto, em conjunto com consórcios que incluem as principais siderúrgicas asiáticas, garantindo a procura necessária para os combustíveis de emissão zero (42).

Diferente da abordagem australiana, que já avança para a fase de renovação da frota com ativos físicos, os projetos que ligam o Chile à União Europeia e o Panamá a Algeciras, na Espanha, encontram-se, atualmente, focados na

criação de infraestrutura e na validação da viabilidade econômica, contando com o forte apoio da diplomacia climática europeia através do programa *Global Gateway*. O objetivo central desse CVN é o escoamento de hidrogênio verde e seus derivados para o mercado europeu, aproveitando o baixo custo de produção de energia renovável na região para estabelecer uma cadeia de suprimento transatlântica. Já no corredor entre o Panamá e Algeciras, a prioridade recai sobre a digitalização portuária e a eficiência operacional como ferramentas imediatas para a redução de emissões, visando otimizar a logística de chegada dos navios e preparar o porto de Algeciras como um centro de abastecimento sustentável no Mediterrâneo, demonstrando que a descarbonização marítima global depende tanto da inovação dos combustíveis alternativos quanto da modernização digital das rotas comerciais (42).

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

O Brasil e a Noruega assinaram um memorando de entendimento no início de 2025 para a criação de um CVN entre os dois países, visando a circulação de embarcações movidas por combustíveis de baixo ou zero carbono, reduzindo significativamente as emissões de GEE. O projeto-piloto contará com a participação de indústrias e institutos de pesquisa para definir rotas e portos estratégicos, além de viabilizar o uso de combustíveis limpos. Na agenda sustentável apresentada pelo Governo Federal com apoio do Ministério de Portos e Aeroportos também está prevista a eletrificação de portos para fornecer energia limpa a navios ancorados (OPS) (43).

O Acordo de livre comércio assinado entre o Mercosul e Associação Europeia de Livre Comércio (EFTA) permite estreitamento da relação entre as partes que maiores, reduzindo as incertezas e promovendo o desenvolvimento do CVN. Atualmente, cerca de 60 empresas norueguesas que atuam no transporte marítimo operam no Brasil, representando cerca de 20% do total de empresas que atuam no mercado brasileiro (44).

A Petrobras já fornece e comercializa, em contrato com empresa norueguesa no âmbito do acordo entre os governos Brasil-Noruega, o Óleo Combustível com Baixo Teor de Enxofre (VLSFO) com mistura de 24% de biodiesel. Essa mistura é certificada pela *International Sustainability and Carbon Certification – EU (ISCC EU)* e atende às exigências da *FuelEU Maritime* (45).

3.1.3 Corredores verdes na aviação

O transporte aéreo de carga representou cerca de 33% do comércio global em valor, porém menos de 1% em volume. Dessa forma, caracteriza-se por ser um transporte que visa mercadorias de alto valor agregado, em que o tempo e a confiabilidade se apresentam como fatores decisivos frente aos demais modos de transporte, sobretudo com a expansão do *e-commerce* (46,47).

O modo aéreo foi responsável por cerca de 2,5% da emissão de CO₂ relacionados à energia em 2023 (48), representando cerca de 12% das emissões do setor de transporte. Do total emitido pelo modo aéreo, cerca de 65% das emissões de CO₂ é proveniente do transporte internacional (9). Para a redução dessas emissões, a Organização Internacional da Aviação Civil (ICAO)

estabeleceu a meta de alcançar emissões líquidas zero (*net-zero*) até 2050 (49).

No entanto, a eletrificação é uma tecnologia que não deverá ser adotada em curto e médio prazo no transporte aéreo com distância e tempo de viagem elevados (50). Dessa forma, juntamente com o aumento da eficiência energética, os Combustíveis Sustentáveis de Aviação (SAF, do inglês *Sustainable Aviation Fuel*) são parte fundamental para reduzir as emissões de carbono por esse modo (51).

O SAF são os chamados querosenes parafínicos sintetizados (do inglês, *Synthetic Paraffinic Kerosene – SPK*). A produção de SAF pode ser realizada por hidrotratamento de óleos vegetais, fermentação de açúcares, Fisher-Tropsch de carvão ou biomassa, e oligomerização de álcoois. Para isso, é necessário o uso de matéria-prima renovável para que o produto seja considerado um SAF.

Atualmente, a *American Society for Testing and Materials – ASTM Internacional* impõe critérios rigorosos para estabelecer os níveis de misturas de biocombustíveis com o querosene de aviação (QAV) de origem fóssil. Isso garante a qualidade do combustível antes e depois da mistura com o QAV, mantendo a segurança do voo. Dessa forma, é possível utilizar os mesmos sistemas de distribuição e sem a necessidade de nenhuma alteração em aeronaves comerciais de grande porte.

Nesse contexto, a participação atual de SAF no querosene de aviação é, no entanto, muito baixa (<0,1%), devido aos altos padrões de segurança e compatibilidade de aeronaves e infraestrutura de reabastecimento, sendo utilizados apenas SAF com excelente desempenho em motores a jato e que sejam aprovados por normas e regulamentos, como ASTM D7566 (52). Isso ocorre, pois há um aspecto crítico relativo à segurança no uso do SAF no setor de aviação, uma vez que o setor impõe requisitos rigorosos que vão além das propriedades físicas dos combustíveis.

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

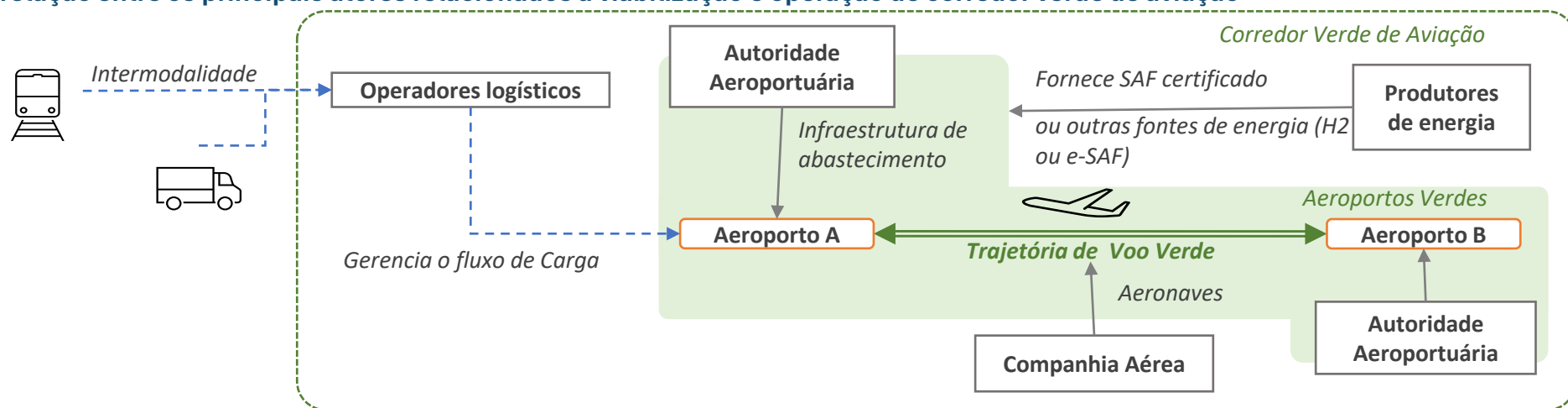
As aeronaves possuem limitações de massa e volume, tornando-as dependentes de combustíveis com alta densidade energética (10). Além de densidade energética adequada e capacidade de permanecer em estado líquido em temperaturas muito baixas, o SAF deve ser compatível com materiais e a fungibilidade com os combustíveis convencionais de aviação. A compatibilidade material abrange interações com componentes metálicos e não metálicos das aeronaves, evitando desgaste prematuro, bem como aderência à infraestrutura de armazenamento e distribuição existente. A fungibilidade é crucial devido à natureza global da infraestrutura de abastecimento e ao custo e tempo associados à renovação da frota. Portanto, a aviação concentra-se em combustíveis alternativos *drop-in* ou fungíveis, funcionando como substitutos idênticos aos combustíveis derivados do petróleo (53).

Os Corredores Verdes de Aviação (CVA), de forma análoga e inspirado pelos CVN, permitiriam a coordenação entre diferentes aeroportos para acelerar a adoção de SAF, bem como implementar as Trajetórias de Voo Verdes (*Green Flight Paths- GFPs*) para redução das emissões pelo modo aéreo e no alcance das metas internacionais CORSIA⁷. Vale pontuar que o corredor verde é uma

estrutura sistêmica e abrangente que conecta dois ou mais *hubs*, enquanto GFPs referem-se especificamente à otimização técnica da navegação aérea dentro desse corredor, com a execução eficiente do voo (54,50).

A estruturação de um CVA exige a concentração de oferta de SAF em pontos estratégicos e a coordenação de políticas entre governos, aeroportos, fornecedores de energia e companhias aéreas (55,56). A governança deve ser multisetorial e baseada em parcerias público-privadas que visam garantir que o combustível certificado esteja disponível em ambas as extremidades da rota. Esse alinhamento entre aeroportos é tão necessário quanto no setor marítimo, pois a falta de sincronia exigiria o transporte de peso extra de combustível, o que elevaria o consumo e invalidaria os ganhos ambientais (50,57). Por outro lado, sob a perspectiva da tecnologia, no entanto, não haveria necessidade de alteração das aeronaves, diferentemente das embarcações, os SAF nas misturas atualmente permitidas são considerados *drop-in*. A Figura 6 apresenta um esquema simplificado da correlação entre os principais atores relacionados aos CVA.

Figura 6. Correlação entre os principais atores relacionados à viabilização e operação de corredor verde de aviação



⁷O CORSIA (Esquema de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Internacional), desenvolvido pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI/ICAO), é um programa global voltado para a descarbonização da aviação civil.

Fonte: Elaborado pelos autores

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

Os corredores verdes de aviação possuem papel fundamental para o desenvolvimento de projetos para a implementação de tecnologias zero emissão em que há a necessidade de modificação das aeronaves, como, por exemplo, para testes do uso de hidrogênio para a propulsão das aeronaves. A Hamburg Airport (HAM), Rotterdam the Hague Airport (RTHA), Rotterdam the Hague Innovation Airport, e Hamburg Aviation realizaram uma parceria para que os aeroportos das duas cidades europeias, Hamburgo-Rotterdam, permitissem um trajeto com voo de aeronaves que utilizem o H2V, com o objetivo de investigar as estratégias para que esses voos à hidrogênio sejam possíveis em larga escala (58,59).

Os atores-chave devem atuar de forma interdependente. Os aeroportos implementam a infraestrutura necessária para a mistura do SAF ao QAV e de abastecimento das aeronaves. As companhias aéreas atuam na demanda para alcançar as metas Net Zero até 2050, sobretudo em países, como por exemplo países Europeus, em que o governo atua regulamentando a mistura obrigatória de SAF no QAV, por meio do *ReFuelEU Aviation*, que deve ser respeitada pelos produtores e gradualmente aumentar até alcançar 70% em 2050 (60,55).

***ReFuelEU Aviation* – Regulamentação Europeia para descarbonização da Aviação**

O regulamento *ReFuelEU Aviation* tem como estratégia europeia de descarbonização do transporte aéreo. Esse regulamento, aprovado em 2023, estabelece metas progressivas de incorporação de combustíveis sustentáveis de aviação (SAF) na matriz energética dos aeroportos da União Europeia: 2% em 2025, 6% em 2030 e até 70% em 2050. Além disso, define critérios de sustentabilidade alinhados à Diretiva de Energias Renováveis (RED), garantindo que os SAF utilizados tenham origem em matérias-primas e processos compatíveis com os objetivos climáticos da UE.

Os CVA representam rotas estratégicas dentro da Rede Transeuropeia de Transporte (TEN-T), que consiste em um instrumento de planejamento e desenvolvimento de infraestrutura eficiente, atuando como facilitador da multimodalidade e da interoperabilidade. Sendo assim, os CVA inseridos na TEN-T beneficiam-se de uma governança coordenada que exige que os aeroportos da rede principal forneçam SAF e desenvolvam capacidades para futuras tecnologias de propulsão, como a hidrogênio e elétrica. O *ReFuelEU* cria a base regulatória para que os corredores verdes não sejam apenas conceituais, mas operacionais: ao obrigar o fornecimento de SAF em todos

os aeroportos da UE, garante que rotas críticas tenham acesso uniforme a combustíveis sustentáveis, evitando desigualdades regionais e fortalecendo a competitividade europeia.

Do ponto de vista técnico, o regulamento também se articula com outras iniciativas como o SESAR (*Single European Sky ATM Research*), que busca otimizar a gestão do tráfego aéreo. A combinação de SAF com operações mais eficientes permite que os corredores verdes contribuam para uma lógica de net zero. Além disso, o ganho de escala de SAF é necessária para cumprir o *ReFuelEU* e exigirá coordenação entre setor aéreo, indústria energética e políticas de financiamento, em grande parte vinculada ao custo adicional dos combustíveis sustentáveis.

O *ReFuelEU Aviation* é, portanto, o instrumento regulatório que viabiliza a transição energética nos aeroportos e rotas europeias, enquanto os corredores verdes de aviação podem ser considerados a aplicação prática dessa política, funcionando como laboratórios de integração tecnológica e *hubs* de conectividade sustentável.

Fonte: (22,60,54)

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

As principais vantagens ambientais dos CVA consistem na redução das emissões de CO₂, podendo alcançar até 80% por meio do uso de SAF. Além disso, as *Green Flight Paths* inseridas no corredor permitem otimizar trajetórias de voo, reduzindo emissões não-CO₂ (como trilhas de condensação) e o consumo de energia (50,57). Nesse contexto, os corredores dependem da maturidade das rotas tecnológicas para a produção de SAF. A HEFA (*Hydroprocessed Esters and Fatty Acids*) é a rota de maior maturidade (TRL 9), utilizando óleos e gorduras para produzir um combustível *drop-in* com mistura permitida de até 50% (EPE, 2025). Sua vantagem é a viabilidade imediata, mas a escassez de matéria-prima pode ser fator limitante.

A rota *Alcohol-to-Jet* (AtJ) pode ser determinante para o papel que será desempenhado pelo Brasil devido ao domínio da tecnologia de produção de etanol, potencial de produção de Etanol de segunda geração (E2G), e rede de distribuição estabelecida. De modo geral, o etanol apresenta alta maturidade, estando em nível comercial, e benefícios de produção e distribuição em escala (61,62).

No entanto, vale destacar que as rotas HEFA e AtJ necessitam em algum grau do uso de H₂, ainda que a rota AtJ demande menor quantidade de H₂, deve ser gerado a partir de fonte limpa para garantir a baixa emissão no ciclo de vida. O Brasil possui vantagens pela produção de etanol e cerca de matriz energética renovável e limpa. Outras alternativas, são as rotas Power-to-Liquid (PtL) e Fischer-Tropsch que apresentam menor maturidade comercial, mas que oferecem a possibilidade futura de combustíveis 100% parafínicos, eliminando a restrição de mistura de 50% em aeronaves de nova geração (61).

No entanto, as principais barreiras na implantação comercial de biocombustíveis avançados no transporte aéreo consistem nas poucas rotas de produção com Nível de Maturidade Tecnológica (TRL) comercial; a mistura restrita a até 50% de SAF ao QAV, com a necessidade de investimentos em estudos para investigar os impactos do uso de 100% de SAF no motor de aeronaves; os custos elevados do SAF frente ao QAV podem impactar as companhias aéreas; falta de incentivos políticos para a produção de biocombustíveis para aviação; falta de estabilidade na oferta; disponibilidade de matéria-prima para a rota ATJ, devido ao papel já estabelecido dos

biocombustíveis no modo rodoviário; rota HEFA intensiva em uso de hidrogênio; e falta de financiamento (63,64).

Vale ressaltar que a necessidade de alcançar emissões líquidas zero até 2050 demanda modificações nas aeronaves, de modo que possa receber 100% SAF. As principais fabricantes de aeronaves apontaram que todos os seus produtos civis serão compatíveis com 100% de SAF parafínico até 2030. Outras estratégias podem ser associadas ao CVA para redução das emissões de GEE, como a mudança do modo aéreo para modos com menor IC para o transporte em menores distâncias (22) e desenvolvimento de tecnologias de captura de carbono de fontes biogênicas para produção de e-combustível ou diretamente da atmosfera (10,54,65).

No Brasil, o marco legal do ProBioQAV (Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação) e a produção certificada de SAF na Reduc (56) pode posicionar o país como fornecedor estratégico para consolidar corredores transatlânticos sustentáveis, inclusive no transporte aéreo de carga, devido à sua vasta base de recursos renováveis e ao avanço institucional recente. De acordo com os documentos analisados as diretrizes de órgãos reguladores como a (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), a criação de corredores logísticos verdes de aviação no país pode se tornar uma política industrial e ambiental integrada.

A base normativa para essa transição foi consolidada pela Resolução ANP nº 856/2021 e revisões subsequentes, que estabeleceram as regras de qualidade para os querosenes de aviação, permitindo a mistura de SAF ao querosene fóssil. Este marco regulatório é essencial para o transporte aéreo de carga internacional.

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

No contexto brasileiro, a Petrobras iniciou a produção, em dezembro de 2024, do primeiro SAF produzido integralmente no país na Refinaria de Duque de Caxias (Reduc). Esse combustível, certificado sob as regras da SCC-CORSIA (*International Sustainability Carbon & Certification – Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*), da ICAO, é produzido a partir do óleo residual da produção do etanol de milho (óleo técnico de milho), apresentando menor intensidade de carbono (IC). Atualmente o SAF produzido é destinado a voos domésticos, no aeroporto internacional Tom Jobim (Galeão/RJ), com mistura de 1,2% de SAF ao QAV, conforme autorização da ANP. Isso permite que o Brasil possa iniciar a operação de corredores verdes utilizando infraestrutura própria, conectando *hubs* de produção a aeroportos estratégicos (56).

A rotas tecnológicas como HEFA e AtJ, das quais o Brasil poderia ganhar vantagem competitiva, atendem às metas do programa ProBioQAV, além de gerar sinergias com o diesel verde, permitindo que a infraestrutura de transporte de carga pesada aproveite os mesmos centros de produção e blindagem do SAF.

O modo aéreo apresenta cerca de 9% das emissões de GEE totais do setor de transporte brasileiro, sendo apenas cerca de 1% referente ao transporte aéreo de carga (66). Para mitigar o impacto das emissões domésticas do transporte aéreo, foram estabelecidas metas compulsórias de redução de emissões, estabelecidas para alcançar, de modo progressivo a partir de 2027, uma redução de 1% ao ano até alcançar a meta de redução total de 10% das emissões do setor em 2037 (67). Ainda, programas como o Aeroportos Sustentáveis⁸ e o SustentAr⁹ para incentivar gestores e empresas aéreas a adotarem práticas de eficiência energética e gestão ambiental que vão além das obrigações regulatórias (68,69).

Apesar de não ter sido identificadas iniciativas de implementação e operação de corredores verdes de aviação no Brasil, essa estratégia poderia promover o escalonamento da demanda por SAF e a modernização da infraestrutura nacional. O Brasil possui uma vantagem competitiva única devido à sua matriz energética com alto percentual de energia renovável e limpa, bem como à capilaridade de sua rede aérea, o que permite que voos internos possam atuar como piloto para rotas de baixa ou zero emissão de carbono (70).

3.1.4 Corredores verdes e intermodalidade

Os modos ferroviário e hidroviário podem ser considerados como pilar estruturante da transferência modal dos CVR necessários a criação de um corredor verde intermodal (CVI), sendo os modos com maior potencial para viabilizar o transporte de longa distância sob a perspectiva ambiental, devido à sua maior eficiência energética e menor intensidade de carbono em comparação ao modo rodoviário (13).

Dessa forma, investimentos são necessários para a expansão de ferrovias e hidrovias, permitindo a migração do fluxo de carga para o transporte ferroviário e/ou hidroviário em média e longa distância, em que há prevalência, atualmente, do transporte rodoviário. A transferência modal ou a multimodalidade levaria o transporte rodoviário de carga a atuar apenas na primeira e última milha. Em um CVI apenas a transferência modal já teria impacto ambiental positivo, podendo ser potencializado, ainda, se associado à mudança da matriz energética dos caminhões.

Especificamente para o modo ferroviário, vale ressaltar que os mesmos aspectos considerados no conceito de corredores verdes são aplicados para o modo ferroviário. Dessa forma, a eficiência do modo ferroviário nos corredores verdes depende intrinsecamente da interoperabilidade e da governança multimodal, em que a otimização dos pontos de transferência nos terminais intermodais pode reduzir gargalos operacionais e custos de transbordo. As melhorias na sinalização, na gestão de tráfego e na padronização técnica entre diferentes jurisdições permite que o modo ferroviário suporte o fluxo contínuo e confiável exigido pelas cadeias de suprimento. Portanto, além da infraestrutura física, há a necessidade de avanços em produtividade e inovação tecnológica (13).

⁸ O programa Aeroportos Sustentáveis, surgido em 2019 por meio do projeto piloto Aeródromos Sustentáveis, visa acompanhar o desenvolvimento da gestão ambiental em aeroportos e disseminar as iniciativas sustentáveis adotadas pelos operadores aeroportuários, promovendo a redução dos impactos da aviação civil sobre o meio ambiente. Os resultados do programa compõem o Índice de Desempenho Ambiental do setor aéreo.

⁹ A iniciativa SustentAr é um desdobramento do programa Aeroportos Sustentáveis e, assim como ele, é um instrumento de incentivo não regulatório voltado ao reconhecimento de iniciativas proativas ligadas à sustentabilidade das operações aéreas, direcionado às empresas brasileiras de transporte aéreo.

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

A eletrificação do transporte ferroviário de carga enfrenta barreiras estruturais de ordem financeira e técnica, destacando-se a necessidade de elevado investimento de capital inicial para a instalação de sistemas de catenária aérea e subestações. Esse desafio é agravado pelo longo horizonte de retorno sobre o investimento, atuando como desincentivo para operadoras privadas, e pela necessidade de uma modernização da infraestrutura da rede elétrica para suportar a demanda energética de trens de carga pesada, muitas vezes localizados em regiões com capacidade de rede limitada.

Do ponto de vista operacional e técnico, a transição é dificultada por restrições de gabaritos estruturais, especialmente em rotas que operam com contêineres de empilhamento duplo (*double-stack*), onde a

instalação de cabos aéreos exige modificações onerosas em pontes e túneis. Além disso, a tecnologia de tração elétrica restringe a flexibilidade operacional do tipo tudo-ou-nada. Ao contrário das locomotivas a diesel, as elétricas dependem de uma infraestrutura fixa e contínua, tornando o sistema vulnerável a interrupções na rede e limitando a adaptabilidade das rotas frente a flutuações na demanda logística. Portanto, seria necessária a adoção de políticas públicas e mecanismos de incentivo que possam mitigar os riscos de obsolescência tecnológica e reduzir o diferencial competitivo em relação ao transporte rodoviário.

Corredor logístico sustentável no Brasil

A iniciativa nacional no desenvolvimento de um corredor logístico sustentável foi tomada pela cooperação entre a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) e a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). Nessa parceria, está sendo desenvolvido o projeto que busca integrar diferentes modos de transporte rodoviário, ferroviário e aquaviário em um sistema multimodal capaz de aumentar a eficiência do escoamento de cargas e reduzir impactos ambientais.

Dentro desse contexto, a integração permite utilizar as principais vantagens de cada modo de transporte. O modo rodoviário permite a capilaridade da logística, garantindo o acesso às áreas de produção e o transporte inicial das cargas até os pontos de conexão.

O modo aquaviário, devido a sua capacidade de transportar grandes volumes de mercadorias com menor emissão de GEE e a participação estratégica de portos, como o de Paranaguá/PR, fortalece a conexão entre os modos; e o modo ferroviário, assim como o aquaviário, contribui com a maior eficiência no deslocamento de grandes volumes em longas distâncias, reduzindo custos e emissões quando comparado ao transporte exclusivamente rodoviário.

O corredor sustentável será implementado em ambiente de *Sandbox* regulatório, permitindo o teste de novas tecnologias e modelos de gestão, inclusive no transporte aquaviário. A expectativa é que essa integração traga benefícios socioeconômicos às comunidades próximas aos portos, aumente a segurança nas estradas ao reduzir a dependência do transporte rodoviário e contribua para a adaptação da infraestrutura às mudanças climáticas.

Fonte: (71)

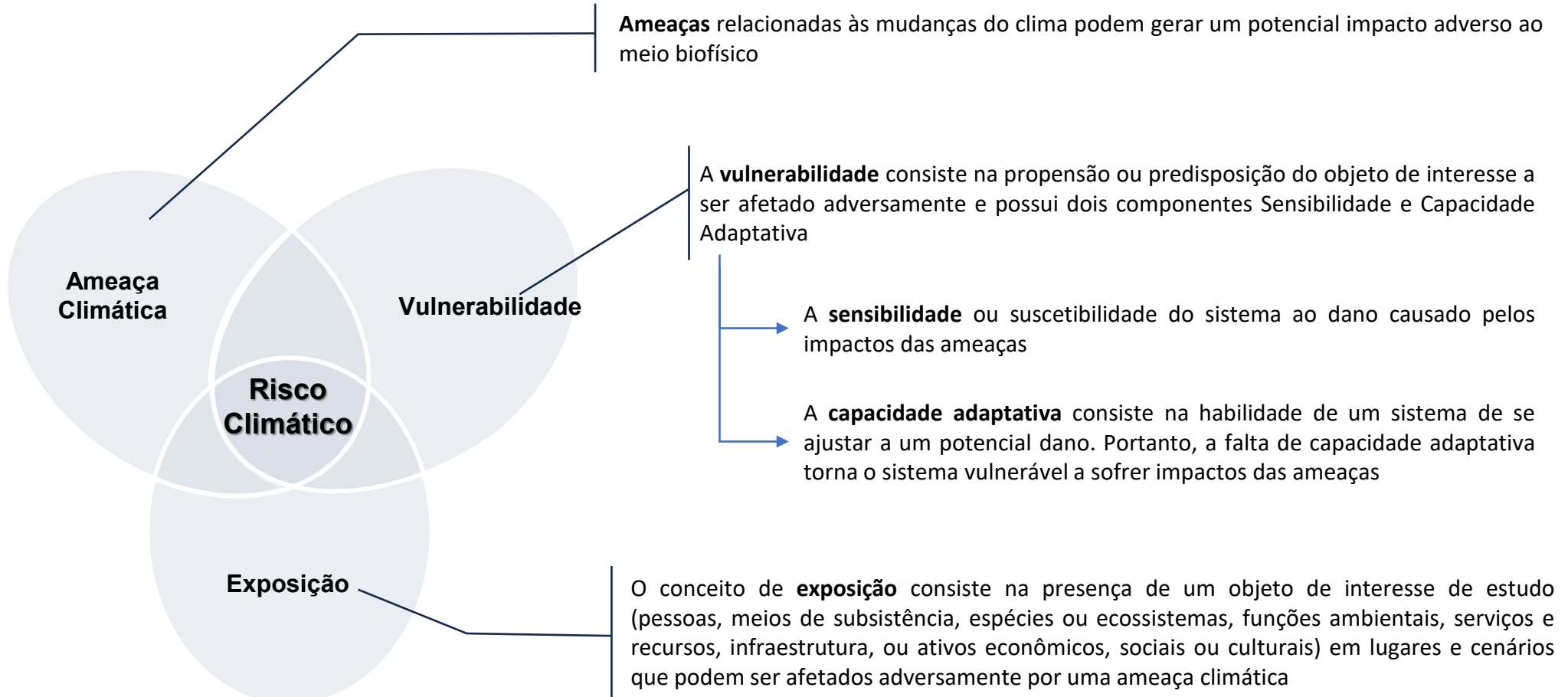
3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

3.2 ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS DO CLIMA

O termo risco pode ser definido como o potencial de consequências adversas para os sistemas de natureza humana ou ecológica (72). Os riscos decorrentes das mudanças do clima resultam da interação de três componentes: da

ameaça climática, do grau de exposição do sistema analisado à essas ameaças e da vulnerabilidade desse sistema. (Figura 7).

Figura 7. Principais componentes do risco climático



Fonte: Elaborado pelo autor com base em (73,72,74,75)

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

As ameaças climáticas têm se tornado mais frequentes e com projeção, com base em cenários de emissões, de serem mais extremas e frequentes (76,77). Essas ameaças podem ser agudas, como incêndios florestais, enchentes, ondas de calor e tempestades, ou podem ser crônicas, como a elevação do nível do mar, alterações na temperatura média, e fenômenos como a desertificação (78).

Os riscos são classificados de acordo com sua probabilidade de ocorrência e a gravidade de seus impactos. A falta de capacidade adaptativa, isto é, histórico de ações que tornam o sistema resiliente, pode aumentar a vulnerabilidade, mas sua presença não a elimina completamente (79). Portanto, com base na identificação dos impactos e na avaliação da vulnerabilidade, é possível definir os riscos climáticos. A análise de risco climático pode considerar aspectos operacionais e estruturais.

Nesse contexto, o setor de transportes pode ser impactado por ameaças climáticas, com danos a infraestrutura das vias, terminais, portos e aeroportos, bem como em seu aspecto operacional, com interrupção ou congestionamentos devido a inundações e alagamentos, deslizamentos de terra, e redução da eficiência energética frente as altas temperaturas em ondas

de calor, que pode ser derivada da maior demanda de conforto térmico por parte de motoristas e passageiros. Ainda, quando se trata de veículos elétricos, pode causar danos às baterias e reduzir a eficiência da operação pelo seu superaquecimento (80,81).

Estes impactos geram custos adicionais de manutenção, recuperação ou reconstrução de ativos eventualmente danificados, de maneira que determinados efeitos são percebidos imediatamente, enquanto outros podem se manifestar em médio ou longo prazos. Além desses impactos na própria infraestrutura, os impactos da mudança do clima no setor de transportes podem afetar de forma direta ou indireta a operação, impactando as condições de deslocamento das pessoas e a distribuição de insumos e de serviços.

Para tornar o sistema de transporte mais resiliente, ações de adaptação podem ser implementadas. Essas ações podem ser estruturais como, por exemplo, obras de drenagem artificial, ou Soluções baseadas na Natureza (SbN). Os corredores verdes ecológicos são uma SbN e será discutido nesta seção.

Quais impactos das ameaças climáticas nos transportes ferroviário e rodoviário?

O modo ferroviário é o segundo mais utilizado no Brasil para o transporte de cargas, correspondendo por cerca de 16% da divisão modal (em 2024), atrás apenas do modo rodoviário, com 64% de representação na matriz de transporte de carga (82).

As ondas de calor com altas temperaturas podem impactar a malha ferroviária por meio da deformação dos trilhos e a infraestrutura das rodovias; de alterações nas catenárias. O processo de erosão pode causar desgaste dos leitos das ferrovias e danos às rodovias (83,84).

Além dessas, duas outras ameaças impactam diretamente apenas o modo rodoviário, os inundações/alagamento e as queimadas e incêndios, que podem interromper o fluxo de veículos, impactando o transporte de bens e serviços (83). No entanto, as ferrovias são impactadas indiretamente por dessas ameaças. A erosão, decorrente dos alagamentos e inundações, e as altas temperaturas, das queimadas e incêndios, são ameaças que impactam diretamente o modo ferroviário.

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

3.2.1 Corredores verdes como medida adaptativa

A medidas adaptativas consistem em ações para ajustes em sistemas ecológicos, sociais ou econômicos em resposta às ameaças das mudanças do clima (85,74). As ações podem ser voltadas para infraestrutura, conhecida como engenharia cinza (muros de contenção, drenagem artificial, reforços estruturais) ou Soluções baseadas na Natureza (SbN) (86) como resposta para enfrentar efeitos negativos das ameaças das mudanças do clima, como inundações e alagamentos, deslizamento e o aumento da suscetibilidade a ondas de calor.

A ocorrência de inundação e de áreas alagadas está relacionada a fatores como declividade, em áreas denominadas planícies de inundação próximas a rios e/ou com baixa declividade, bem como o tipo de solo. A impermeabilização do solo tende a se agravar em áreas urbanas devido ao uso e à ocupação do solo. O uso de materiais impermeáveis, como o asfalto e o concreto em vias e construções irregulares, aumentam a ocorrência de inundação de áreas fora dos limites esperados durante as cheias dos rios ou inundações e alagamentos pelo aumento do nível do mar.

Nesse contexto, os corredores verdes consistem em uma SbN e podem ser implementados por meio da recuperação da área vegetada ao longo de rios (Infraestrutura Verde-Azul – IVA) que acompanham a rede viária ou ao longo de vias urbanas, interurbanas e de ferrovias e hidrovias para navegação interior (86,87) por meio da plantação de árvores e jardins drenantes.

A cobertura verde ao longo de rios e da rede viária tem como objetivo a recuperação da mata ciliar, promovendo maior permeabilidade e infiltração da água no solo, evitando o processo de erosão, inundações e alagamentos, sendo parte do conceito de cidades esponjas, quando implementadas em áreas urbanas. Isso evita a interrupção do tráfego de veículos em caso de eventos extremos, permitindo a mobilidade de pessoas e a distribuição de carga de última milha e primeira milha, como na de coleta de resíduos ou logística reversa no meio urbano.

Muitas vezes, busca-se utilizar pisos drenantes nas calçadas e vias de modo a complementar a ações de arborização que acompanham a rede viária e de jardins drenantes em área urbana.

O que são ondas de calor?

As ondas de calor consistem em temperaturas elevadas, que atingem, no mínimo, 5°C a 7°C acima da média, por, pelo menos, cinco dias consecutivos (88). Esse número, no Brasil, no período entre 1961 e 1990, não havia ultrapassado sete dias consecutivos. No entanto, o número de

dias consecutivos alcançou o patamar de 20 dias entre 1991 e 2000, alcançando 40 dias consecutivos entre 2001 e 2010. Até 2020, esse período chegou a cerca de 52 dias. Em algumas regiões do país, a temperatura média atingiu máximas de até 3°C nos últimos 60 anos, valores superiores à média global (89).

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

Esses corredores de arborização e a criação de parede de muros verdes ao longo das vias estruturantes promovem, também, a redução da temperatura média da área urbana e contribuem para a redução de ocorrências de ondas de calor, pois regulam o microclima da região (90,91,86). Dessa forma, aliada aos parques urbanos lineares criados pela implantação dos corredores verdes, com áreas reservada a pedestres e ciclistas, a redução da temperatura impacta diretamente no conforto térmico, promovendo o uso do transporte ativo (92,86), beneficiando tanto a mobilidade de pessoas, como a distribuição de carga e encomendas de última milha, sobretudo com o crescimento do *e-commerce*.

Nesse contexto, a transferência modal para entregas por meio do transporte ativo, associado a criação de espaços menores de armazenagem e triagem, criando uma micromobilidade, resulta em um aumento da eficiência energética para a realização do transporte de última milha, contribuindo para a redução de congestionamentos (93).

Além disso, a temperatura média nas áreas urbanas pode impactar no comportamento de motoristas em relação ao uso de ar-condicionado (94), inclusive nas paradas para carga e descarga na distribuição de última milha, em que, muitas vezes, se mantém o motor ligado para funcionamento do ar-condicionado. Dessa forma, a redução da temperatura média pode aumentar a eficiência energética na ponta da cadeia logística, com menor demanda do uso de ar-condicionado e redução de custos da operação logística e as emissões de GEE e poluentes atmosféricos (94).

Vale ressaltar que essa redução dos custos é relevante dentro do contexto de *e-commerce*, que foca na redução do tempo de entrega, resultando em custos de última milha superiores a 50% do total da entrega, em 2023 (93).

Corredores verdes são implementados em Medellin, na Colômbia

A cidade de Medellin, na Colômbia, implementou 30 corredores verdes interconectados em sua área urbana, combatendo o efeito de ilha de calor urbana causado pelo uso e ocupação do solo de forma desordenada e infraestrutura cinza. Essa iniciativa resultou em uma redução de mais de 2 °C na temperatura média, com expectativa de alcançar uma redução da temperatura média em 4 a 5 °C nos próximos anos (95,96).

Os corredores verdes foram implementados realizando a integração com o sistema BRT (*Bus Rapid Transit* ou Ônibus de Trânsito Rápido), metrô subterrâneo, teleférico e programas de bicicletas compartilhadas, incentivando a transferência modal para o transporte ativo (caminhar e pedalar) (97).

Os corredores verdes trazem múltiplos benefícios ambientais e para a eficiência energética do transporte. A redução do calor promove maior conforto e segurança para pedestres e ciclistas. Ainda, durante a plantação e crescimento da vegetação, houve sequestro de carbono da atmosfera, com projeção de alcançar mais de 2 milhões de Kg CO₂ incorporados à biomassa da vegetação plantada. Os corredores promovem também a melhoria da qualidade do ar por meio da captura de Material Particulado (MP) e aumento da biodiversidade (97).

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

Sob a perspectiva do modo aquaviário, a recuperação da mata ciliar evita o assoreamento dos rios, e o reflorestamento das bacias hidrográficas contribui para a estabilidade hídrica e manutenção do nível dos rios em períodos de estiagem. Dessa forma, essas medidas atuam para a redução da interrupção da operação da navegação interior, mitigando o impacto na mobilidade de pessoas e no transporte de carga, sobretudo no contexto amazônico (86).

Sob a perspectiva do modo ferroviário, as ameaças climáticas podem causar desde danos aos trilhos e falhas em sistemas de sinalização, até interrupção da operação devido a deslizamentos e erosão do leito, elevando custos de manutenção e comprometendo a segurança operacional. A baixa flexibilidade da infraestrutura ferroviária torna o setor vulnerável a essas ameaças, exigindo medidas de adaptação que vão além das soluções tradicionais de engenharia cinza.

Além disso, a vulnerabilidade ferroviária é ampliada pela baixa redundância da malha e pela concentração em corredores de exportação de *commodities*, o que expõe o setor a riscos sistêmicos como, por exemplo, quando ocorrem enchentes e deslizamentos em trechos críticos, que podem interromper fluxos logísticos nacionais e internacionais, com fortes impactos econômicos. Assim, estratégias de adaptação incluem o mapeamento de pontos críticos climáticos em linhas férreas, a modernização de pontes e túneis, a adoção de materiais com maior tolerância térmica e a incorporação de protocolos de emergência nos contratos de concessão (98).

Nesse contexto, os corredores verdes surgem como uma alternativa capaz de tornar o transporte ferroviário mais resiliente. A vegetação ao longo das linhas férreas pode reduzir o impacto das ondas de calor por meio de sombreamento, estabilizar taludes contra erosão e funcionar como drenagem natural em períodos de alta precipitação, além de promover a redução de ruídos, sobretudo próximo a áreas urbanas. Além desses, partilha dos benefícios mencionados relacionados a melhoria da qualidade do ar e aumento da biodiversidade (87).

Ainda, dada a interdependência dos sistemas viários federal, estadual e municipal, o fomento à elaboração de uma metodologia nacional de mapeamento de áreas de risco climático em vias permite que seja adotada por diferentes entes da federação. Diante disso, a padronização metodológica e a definição de uma periodicidade para atualização desses mapeamentos podem contribuir para um fortalecimento a resiliência de corredores logísticos integrados.

3.2.2 Corredores ecológicos de conectividade

Corredores que ligam dois lados de uma rodovia ou ferrovia podem ser vistos como uma medida adaptativa para a manutenção da biodiversidade impactada pela secção criada pela construção de rodovias e ferrovias.

A manutenção da biodiversidade global enfrenta, no século XXI, o desafio da fragmentação de habitats provocada pela expansão da ação humana. As infraestruturas de rodovias e ferrovias são agentes de modificação da paisagem terrestre, com a fragmentação de ecossistemas contínuos pela construção de barreiras físicas e comportamentais que interrompem as rotas de migração e dispersão de diversas espécies. Segundo a literatura sobre Ecologia de Estradas, esse fenômeno resulta na redução da variabilidade genética, impedindo o cruzamento entre os animais para se reproduzir com outras populações, e a mortalidade direta por atropelamento (99).

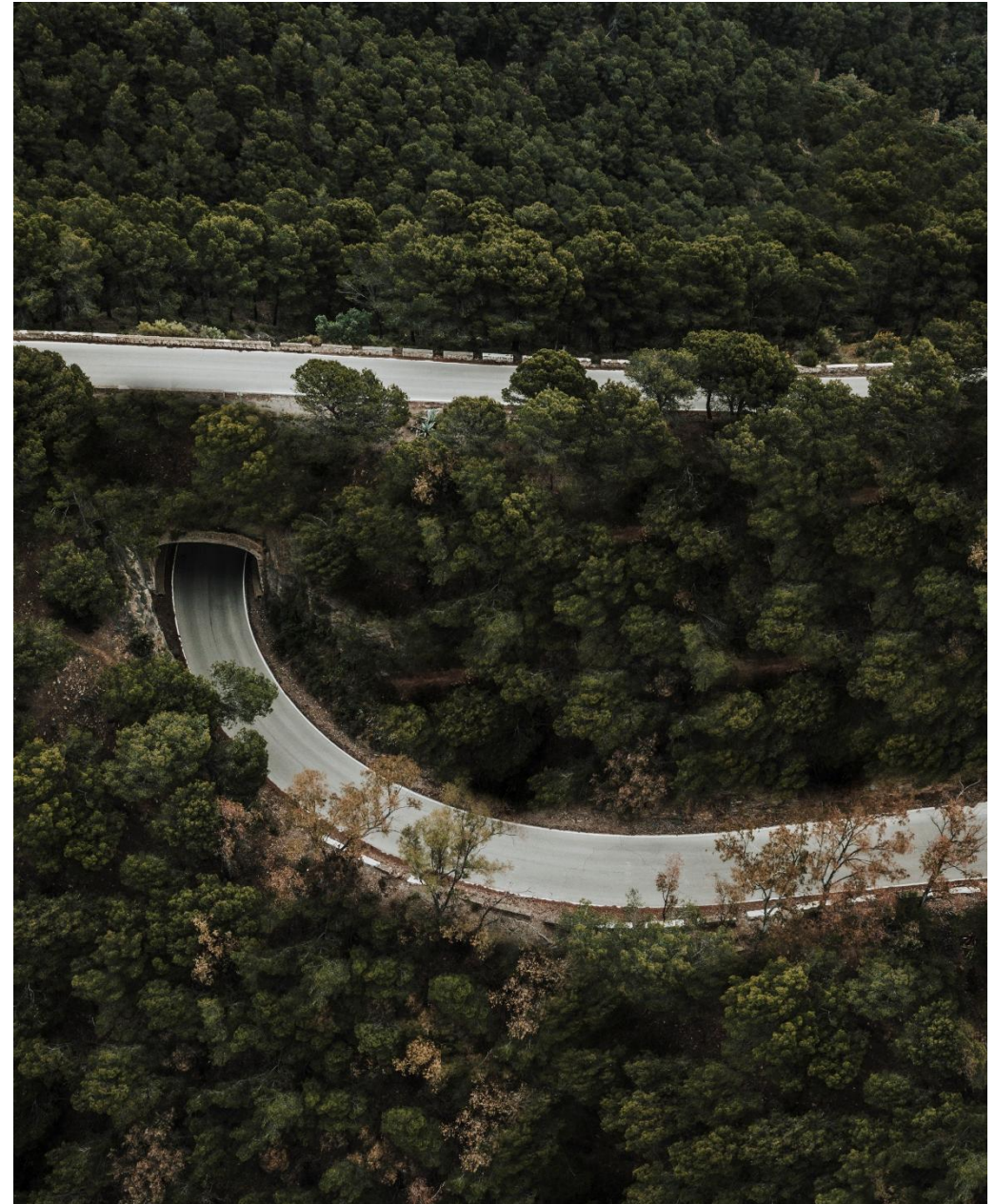
Além da perda da fauna silvestre, a exposição desses animais ao fluxo de transporte em rodovias e ferrovias gera, também, um risco severo à segurança do transporte viário. Os grandes mamíferos que tentam atravessar vias sem proteção podem causar acidentes graves, resultando em danos materiais e perda de vidas humanas. Do ponto de vista logístico, acidentes em rodovias podem gerar dois impactos no transporte rodoviário de carga, perda da mercadoria e atraso na entrega, reduzindo a confiabilidade (100).

3. COMO SÃO ESTRUTURADOS?

Assim, a infraestrutura linear pode atuar como um sumidouro de biodiversidade, em que a mortalidade excede a taxa de natalidade das populações adjacentes, desestabilizando a fauna local (101). O isolamento de áreas naturais impede a dispersão de sementes e o acasalamento entre populações distintas, o que fatalmente levaria à endogamia e ao aumento da vulnerabilidade a doenças e desastres ambientais.

Nesse cenário, os Corredores Ecológicos de Conectividade (CEC) emergem como uma estratégia de conservação, bem como uma ferramenta de gestão integrada da paisagem e da biodiversidade. Esses corredores são porções de ecossistemas naturais que conectam unidades de conservação e outras áreas protegidas, permitindo o fluxo gênico e o movimento da biota (102). Esse tipo de corredor pode ser implementado em área urbana para conectar dois lados de uma via, tendo como objetivo fundamental mitigar os efeitos da fragmentação, garantindo que populações animais e vegetais não fiquem isoladas biologicamente (103).

O desenvolvimento e preservação, por meio da implementação de corredores ecológicos, devem ser integrados ao planejamento das infraestruturas das vias. A redução da morte de animais e o aumento da segurança do transporte dependem de medidas mitigadoras de engenharia. A implementação de estruturas para passagem da fauna pode ser realizada em corredor subterrâneos ou aéreos à via, bem como cercamentos direcionais e sinalização inteligente. O sucesso dessas intervenções depende de um planejamento que respeite a ecologia das espécies locais, por exemplo, passagens inferiores devem ser largas e silenciosas para grandes mamíferos, enquanto pontes de corda ou dosséis artificiais podem ser construídos para primatas e aves (101,103).





4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação e a consolidação dos corredores verdes de transporte representam um dos pilares mais ambiciosos e necessários para a transição energética da logística global. O objetivo central deste estudo foi demonstrar que o desenvolvimento de corredores de transporte de baixa ou zero emissão é uma medida que visa o alcance das metas ambientais, bem como uma necessidade econômica para a inserção competitiva em cadeias de suprimento globais descarbonizadas. Diante da mudança do clima, as estratégias detalhadas ao longo deste relatório comprovam que a infraestrutura de transporte deve evoluir de um modelo puramente funcional e fragmentador para um sistema integrado, capaz de mitigar emissões de GEE e, simultaneamente, adaptar-se às ameaças climáticas e à necessidade de preservação da biodiversidade.

A estruturação tecnológica desses corredores nos diferentes modos de transporte é ponto fundamental na transição para uma economia de baixo carbono. No transporte rodoviário de carga, a mitigação baseia-se na transição para veículos movidos a biometano, hidrogênio verde e eletricidade, conforme exemplificado pelo CVR Capixaba e pelas diretrizes do regulamento europeu AFIR.

A experiência internacional reitera que a viabilidade dessas rotas depende de uma infraestrutura de abastecimento densa e interoperável, como planejado para a Rede Transeuropeia de Transporte (TEN-T), estabelecendo um padrão que deve ser seguido para eliminar as barreiras de autonomia. Paralelamente, nos setores marítimo e de aviação, os corredores verdes emergem como zonas de experimentação para combustíveis sustentáveis, como a amônia verde e o SAF, transformando portos e aeroportos em *hubs* de energia limpa e *hubs* digitais que otimizam o fluxo de carga.

A intermodalidade surge como o mecanismo operacional indispensável para o sucesso desses corredores. A transferência modal para ferrovias e hidrovias em trajetos de longa distância é a estratégia que impacta na redução da intensidade de carbono por tonelada-quilômetro. O papel da ferrovia, como pilar estruturante de alta eficiência energética, é complementado pela capilaridade do transporte rodoviário eletrificado na última milha. No entanto, a transição energética do modo ferroviário para zero emissão exigiria elevados investimentos em infraestrutura fixa, como a eletrificação de

trilhos e subestações, demandando políticas públicas de longo prazo que ofereçam segurança jurídica e financeira para os investidores.

Além da descarbonização, a dimensão ambiental desses corredores de transporte estende-se à função vital de adaptação ecológica. A infraestrutura de transporte, historicamente causadora de fragmentação de biodiversidade, pode ser planejada para permitir a conectividade. A integração de passagens de fauna, cercamentos direcionais e sistemas de detecção ativa, permite que o transporte coexista com os fluxos biológicos. Essa abordagem de engenharia adaptativa reduz a mortalidade da fauna silvestre e aumenta a segurança operacional, prevenindo acidentes que geram custos sociais e econômicos. Ao tornar as rodovias e ferrovias permeáveis à biota, os corredores ecológicos de transporte fortalecem a resiliência dos ecossistemas adjacentes, garantindo a prestação de serviços ecossistêmicos fundamentais para a própria sustentabilidade da infraestrutura.

A viabilidade na implantação de corredores verdes de transporte reside na convergência entre a governança multissetorial e a digitalização. A criação de consórcios que alinham fabricantes, provedores de energia, operadores logísticos e órgãos reguladores é o que permite a escala necessária para a viabilidade econômica das novas tecnologias. A digitalização, por sua vez, atua como o tecido conectivo que permite a gestão inteligente do tráfego, a redução de viagens em vazio e o monitoramento em tempo real da pegada de carbono e dos impactos na biodiversidade.

Portanto, o planejamento dos corredores verdes de transporte deve transcender as divisões modais tradicionais. Eles são rotas de movimentação de mercadorias que podem atuar como "laboratórios de sustentabilidade" que preparam a economia para ampliar o uso de energias renováveis e limpas para modos de difícil descarbonização. O Brasil, com sua matriz energética privilegiada e vasta experiência em biocombustíveis, possui potencial para liderar a implementação de corredores verdes integrados. O desafio remanescente é a consolidação de marcos regulatórios que incentivem a inovação e a proteção ambiental de forma harmônica.

REFERÊNCIAS

- [1] WMO. **Climate change indicators reached record levels in 2023**. Disponível em: <<https://wmo.int/news/media-centre/climate-change-indicators-reached-record-levels-2023-wmo>>. Acesso em: 21 set. 2024.
- [2] IEA. **Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector**. [s.l: s.n.].
- [3] GONÇALVES, D. N. S. et al. Energy use and emissions scenarios for transport to gauge progress toward national commitments. **Energy Policy**, v. 135, n. July, p. 110997, 2019.
- [4] IEA. **Global EV Outlook 2021**.
- [5] CLIMATE WATCH. **Greenhouse Gas (GHG) Emissions**. Disponível em: <<https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>>. Acesso em: 30 jun. 2023.
- [6] TRONCA, L. A. P.; ROTARIS, L. Planning of Urban Freight Innovation Ecosystems: A Systematic Literature Review from a Public Authority Perspective. **Future Transportation**, v. 4, n. 3, p. 795–819, 16 jul. 2024.
- [7] BRASIL. **Marina anuncia na ONU correção da meta climática brasileira**. Governamental. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/marina-anuncia-na-onu-correcao-da-meta-climatica-brasileira>>. Acesso em: 16 nov. 2023.
- [8] EPE (BRAZIL). **Balanço energético Nacional - Ano base 2024 [Brazilian Energy Balance - Base year 2024]**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2025.
- [9] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (ED.). Transport. Em: **Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change**. 1. ed. [s.l.] Cambridge University Press, 2023. p. 1049–1160.
- [10] IRENA. **Decarbonising hard-to-abate sectors with renewables: Enablers and recommendations. Transport Sector**. Disponível em: <<https://www.irena.org/Decarbonising-hard-to-abate-sectors-with-renewables-Enablers-and-recommendations>>. Acesso em: 17 fev. 2026.

REFERÊNCIAS

- [11] NETTO, J. F.; BOTTER, R. C.; MOTA, D. O. O conceito de corredores verdes de transportes de mercadorias e uma aplicação no transporte de soja para exportação. Em: TOBIAS, M. S. G.; LAMEIRA, P. I. D. (Eds.). **Terra do Mar Doce: contribuições da academia para a navegação na Amazônia**. 1. ed. [s.l.] Editora Científica Digital, 2023. p. 262–277.
- [12] KORMILITSYN, F. **Identification of a Concept of a Green Transport Corridor in the Asia-Pacific Region**. . Em: REGIONAL COOPERATION MECHANISM ON LOW CARBON TRANSPORT: CREATION OF GREEN TRANSPORT CORRIDORS IN ASIA AND THE PACIFIC: REGIONAL MEETING. , set. 2025. Disponível em: <https://www.unescap.org/sites/default/d8files/event-documents/Day1_Session3.2_ESCAP.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2026
- [13] ADITJANDRA, P. T. et al. Green Rail Transportation: Improving Rail Freight to Support Green Corridors. Em: PSARAFTIS, H. N. (Ed.). **Green Transportation Logistics**. International Series in Operations Research & Management Science. Cham: Springer International Publishing, 2016. v. 226p. 413–454.
- [14] OBSERVATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE EM LOGÍSTICA - OSML. **Intensidade Energética**. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjQ3YTY5YjEtMDAyMS00YTZmLTg1OGMtYmZmOTM1MGM5NGMxliwidCI6IjFiNDcwMzAxLTM3ZTctNGlyMy04NGY1LWY3ODcyODlyNDFiNyJ9>>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- [15] IEA. **Rail**. Disponível em: <<https://www.iea.org/energy-system/transport/rail>>. Acesso em: 6 mar. 2026.
- [16] ANAC. **Transporte Internacional aéreo de Carga**. [s.l.] Agência Nacional de Aviação Civil, 2013. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/internacional/publicacoes/b-estudos/nt-transporte-carga.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2026.
- [17] IEA. **International Shipping**. Disponível em: <<https://www.iea.org/energy-system/transport>>. Acesso em: 10 jan. 2026.
- [18] WEF. **Road Freight Zero**. Disponível em: <<https://www.weforum.org/projects/decarbonizing-road-freight-initiative/>>. Acesso em: 5 mar. 2026.
- [19] GLOBAL GREEN ROAD CORRIDORS INITIATIVE. **Zero Emissions Medium and Heavy Duty Vehicles**. Disponível em: <<https://www.globalgreenroadcorridors.org/pages/theinitiative>>. Acesso em: 18 mar. 2026.

REFERÊNCIAS

- [20] FAÇANHA, C. et al. **GLOBAL ROADMAP FOR REACHING 100% ZERO-EMISSION MEDIUM- AND HEAVY-DUTY VEHICLES BY 2040**. [s.l.] CARLSTART, 2022. Disponível em: <https://globaldrivetozero.org/site/wp-content/uploads/2022/06/Global-Roadmap-for-Reaching-100-Zero-Emission-Medium-and-Heavy-Duty-Vehicles-by-2040_63022.pdf>.
- [21] EUROPEAN COMMISSION. **Evaluation of the White Paper Roadmap to a Single European Transport Area -Towards a competitive and resource efficient transport system**. Bruxelas, Bélgica, 2020. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020SC0410>>. Acesso em: 18 mar. 2026
- [22] EUROPEAN COMMISSION. **Trans-European Transport Network (TEN-T)**. Disponível em: <https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t_en>. Acesso em: 17 mar. 2026.
- [23] COYNE, R. G. et al. **Expanding Access to Financing for Zero Emission Trucks in Latin America and the Caribbean**. [s.l.] CARLSTART e Grupo Emobilitas, 2023. Disponível em: <<https://globaldrivetozero.org/site/wp-content/uploads/2023/11/Expanding-Access-to-Financing-for-Zero-Emission-Trucks-in-Latin-America-and-the-Caribbean.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2026.
- [24] TAMEZ, A. S.; AMBURG, B. V. **Global Green Corridors: Enabling Factors for Successful Launch, Development, and Scale**. [s.l.] CARLSTART e Global Commercial Vehicle Drive to Zero, 2024. Disponível em: <https://globaldrivetozero.org/site/wp-content/uploads/2024/11/GGRC_White-Paper_Final_112024_1104AM.pdf>.
- [25] BERNARD, M. R. **European Union Alternative Fuel Infrastructure Regulation (AFIR)**. Disponível em: <<https://theicct.org/publication/afir-eu-april2023/>>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- [26] COELHO, R. DE R. et al. **Corredor Sustentável do ES: Caminhos para a transição energética**. (G. M. V. Machado et al., Eds.). Vitória, ES: Pablo Medeiros Jabor, 9 dez. 2025. Disponível em: <https://ijsn.es.gov.br/Media/IJSN/PublicacoesAnexos/cadernos/Corredor_Sustentavel_ES_v6_SITE.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2025.

REFERÊNCIAS

- [27] OWEN MACDONNELL; STEPHANIE KODISH. **Global Progress Toward Decarbonization: Multi-Country Action Plan 2024 Update**. [s.l.] CARLSTART e Global Commercial Vehicle Drive to Zero, nov. 2024. Disponível em: <https://globaldrivetozero.org/site/wp-content/uploads/2024/11/MCAP-2024-Update_Final_112024.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- [28] NEVES, E. **China acelera plano de transporte inteligente e verde até 2030 para sustentar crescimento e reduzir emissões**. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/agenda-verde/china-acelera-plano-de-transporte-inteligente-e-verde-ate-2030-para-sustentar-crescimento-e-reduzir-emissoes/>>. Acesso em: 17 mar. 2026.
- [29] GLOBAL GREEN ROAD CORRIDORS INITIATIVE. **Brazil e-Dutra Corridor**. Disponível em: <<https://www.globalgreenroadcorridors.org/pages/corridors>>. Acesso em: 18 mar. 2026.
- [30] NEVES, E. **COP30: Brasil inicia eletrificação de corredores logísticos com projeto-piloto na Dutra**. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/agenda-verde/cop30-brasil-inicia-eletrificacao-de-corredores-logisticos-com-projeto-piloto-na-dutra/>>. Acesso em: 20 jan. 2026.
- [31] C40. **The Climate Pledge e C40 Cities lançam uma iniciativa para descarbonizar emissões de caminhões pesados no Rio de Janeiro**. Disponível em: <<https://www.c40.org/wp-content/uploads/2024/06/Laneshift-Launch-2024-Portuguese.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2026.
- [32] GLOBAL MARITIME FORUM. **Green corridors**. Disponível em: <<https://globalmaritimeforum.org/green-corridors/>>. Acesso em: 5 jan. 2026.
- [33] MACKINSEY & COMPANY. **The Next Wave: Green Corridors**. [s.l.] Getting to Zero Coallition, Global Maritime Forum, friends of Ocean Action e World Economic Forum, 2021. Disponível em: <<https://downloads.ctfassets.net/gk3lrmlph5v/7FN8KvbcP2sk34p2iDknVj/807bdfe31d042c70f526eff14824b0fa/The-Next-Wave-Green-Corridors.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2026.
- [34] IMO. **2023 IMO strategy on reduction of GHG emissons from ships**, jul. 2023. Disponível em: <<https://www.imo.org/en/ourwork/environment/pages/2023-imo-strategy-on-reduction-of-ghg-emissions-from-ships.aspx>>. Acesso em: 8 out. 2025

REFERÊNCIAS

- [35] GLOBAL MARITIME FORUM. **ANNUAL PROGRESS REPORT ON GREEN SHIPPING CORRIDORS**. [s.l.] Getting Zero Coalition, 2024. Disponível em: <https://downloads.ctfassets.net/gk3lrimlph5v/22Mimgb4JIBUmqC6ZYEIq8/651e26fa87a93a7029b6a30cdeb8d4f0/Getting_to_Zero_Coalition_Annual_progress_report_on_green_shipping_corridors_2024_edition.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2026.
- [36] INFRA SA. **Transição Energética no Setor de Transportes: Modo Aquaviário**: Boletim de Logística. Brasília, DF: Observatório Nacional de Transporte e Logística e INFRA SA, 2026. Disponível em: <<https://ontl.infrasa.gov.br/publicacoes-tecnicas/>>. Acesso em: 1 fev. 2026.
- [37] EPE. **Descarbonização do Transporte Aquaviário**. [s.l.] Empresa de Pesquisa Energética, 2025. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-publica-nota-tecnica-sobre-descarbonizacao-do-transporte-aquaviario>>.
- [38] GLOBAL MARITIME FORUM. **Annual Progress Report on Green Shipping Corridors 2025**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://globalmaritimeforum.org/report/annual-progress-report-on-green-shipping-corridors-2025/>>. Acesso em: 5 mar. 2026.
- [39] UNIÃO EUROPEIA. **Decarbonising maritime transport – FuelEU Maritime**. Disponível em: <https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/maritime/decarbonising-maritime-transport-fueleu-maritime_en>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- [40] UNIÃO EUROPEIA. **Iniciativa FuelEU Transportes Marítimos: Conselho adota nova lei para descarbonizar o setor marítimo**. Disponível em: <<https://www.consilium.europa.eu/pt/press/press-releases/2023/07/25/fueleu-maritime-initiative-council-adopts-new-law-to-decarbonise-the-maritime-sector/>>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- [41] UNIÃO EUROPEIA. **Objetivo 55**. Disponível em: <<https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/fit-for-55/>>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- [42] GLOBAL MARITIME FORUM. **At a Crossroads: Annual Progress Report on green shipping corridors 2025**: Getting to Zero Coalition. [s.l.] Global Maritime Forum, 2025. Disponível em: <https://assets.ctfassets.net/gk3lrimlph5v/7zsVf5G9wzNPhEjFPjCrFC/f2918a81c76b734952c6ed4024ef42d9/Annual_progress_report_on_green_shipping_corridors_2025.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2026.

REFERÊNCIAS

- [43] BRASIL. **Brasil e Noruega avançam na criação de corredor marítimo sustentável.** Disponível em: <<https://www.gov.br/secom/pt-br/acompanhe-a-secom/noticias/2025/02/brasil-e-noruega-avancam-na-criacao-de-corredor-maritimo-sustentavel>>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- [44] MARTINI, P. **Norway seeks to expand investment in Brazil with Mercosur-EFTA.** Disponível em: <<https://valorinternational.globo.com/business/news/2026/01/14/norway-seeks-to-expand-investment-in-brazil-with-mercosur-efta.ghtml>>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- [45] AGÊNCIA PETROBRAS. **Petrobras amplia presença no mercado internacional com venda de bunker com conteúdo renovável.** Disponível em: <<https://agencia.petrobras.com.br/w/petrobras-amplia-presen%C3%A7a-no-mercado-internacional-com-venda-de-bunker-com-conte%C3%BAdo-renov%C3%A1vel>>. Acesso em: 13 mar. 2026.
- [46] IATA. **Air Cargo Distribution: Current trends and prospects.** [s.l.] International Air Transport Association, [s.d.]. Disponível em: <https://www.iata.org/contentassets/c43eecf576c2435a93dc667d79736839/air_cargo_distribution_current_trends_and_prospects.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2026.
- [47] ICAO. **Air Cargo.** Disponível em: <<https://www.icao.int/sustainability/air-cargo>>. Acesso em: 15 fev. 2026.
- [48] IEA. **Aviation.** Disponível em: <<https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>>. Acesso em: 6 mar. 2026.
- [49] ICAO. **ICAO Conference delivers strong global framework to implement a clean energy transition for international aviation.** Disponível em: <<https://www.icao.int/Newsroom/Pages/ICAO-Conference-delivers-strong-global-framework-to-implement-a-clean-energy-transition-for-international-aviation.aspx>>. Acesso em: 21 set. 2024.
- [50] GRIFFITHS, S. et al. Green flight paths: a catalyst for net-zero aviation by 2050. **Energy & Environmental Science**, v. 17, n. 24, p. 9425–9434, 2024.
- [51] IEA. **Are aviation biofuels ready for take off?** IEA. Paris: [s.n.].
- [52] PANOUTSOU, C. et al. Advanced biofuels to decarbonise European transport by 2030: Markets, challenges, and policies that impact their successful market uptake. **Energy Strategy Reviews**, v. 34, n. September 2020, p. 100633, 2021.

REFERÊNCIAS

- [53] ANAC. **Combustíveis sustentáveis para a aviação**. Governamental. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/combustiveis-sustentaveis-para-a-aviacao>>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- [54] AIRLINES FOR EUROPE et al. **Destination 2050: A route to Net Zero European Aviation**. Disponível em: <<https://www.aci-europe.org/downloads/resources/DESTINATION-2050-Roadmap-2025.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2026.
- [55] Decarbonising Aviation: Shell's Flight Path. [s.d.].
- [56] AGÊNCIA PETROBRAS. **Petrobras lança combustível sustentável de aviação produzido totalmente no Brasil**. Disponível em: <<https://agencia.petrobras.com.br/w/petrobras-lan%C3%A7a-combust%C3%ADvel-sustent%C3%A1vel-de-avia%C3%A7%C3%A3o-produzido-totalmente-no-brasil>>. Acesso em: 17 mar. 2026.
- [57] IATA. **Global Outlook fo Air Transport: Deep Change**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/global-outlook-for-air-transport-june-2024-report/>>. Acesso em: 12 nov. 2024.
- [58] BAIGENT, A. **Hydrogen Flight Corridor**. Disponível em: <<https://www.hamburg-aviation.de/en/focus-areas/sustainable-aviation/hydrogen-flight-corridor/>>. Acesso em: 17 mar. 2026.
- [59] BROOKS, J. **Aviation Industry Announces Green Hydrogen Flight Corridors**. Disponível em: <<https://greenhydrogen.dk/news/aviation-green-hydrogen-corridors>>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- [60] EUROPEAN COMMISSION. **ReFuelEU Aviation**. Disponível em: <https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/environment/refueleu-aviation_en>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- [61] GASPI, R. H. DE; GUEDES, P. **Flight path(ways): the Brazilian moment on Sustainable Aviation Fuels**. São Paulo, SP: Instituto E+, 2025.

REFERÊNCIAS

- [62] EPE. **Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil e Sinergia com diesel Verde**. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética e Ministério de Minas e Energia, nov. 2025. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/combustiveis-sustentaveis-de-aviacao-no-brasil-e-sinergia-com-o-diesel-verde>>.
- [63] BRASIL. **Relatório - Análise Econômica de Diferentes Rotas de Produção de Combustíveis Sustentáveis de Aviação**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-combustivel-do-futuro/analise-economica-diferentes-rotas-de-producao-de-saf.pdf/view>>. Acesso em: 16 mar. 2026.
- [64] EPE. **Combustíveis Sustentáveis de Aviação no Brasil - Perspectivas Futuras**. Ministério de Minas e Energia, , 2024.
- [65] MOEVE. **Mapping aviation's decarbonisation flight path: from biofuels to e-fuels**. Disponível em: <<http://www.ft.com/partnercontent/moeve/mapping-aviations-decarbonisation-flight-path-from-biofuels-to-e-fuels.html>>. Acesso em: 14 mar. 2026.
- [66] OSML. **Emissões e Intensidade de Carbono do Setor de Transporte**. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaNTg1YWJjYjAtMTY4OS00M2ViLTg3MDMtOTVmZWYyODg5MmYzIiwidCI6IjFiNDcwMzAxLTM3ZTctNGlyMy04NGY1LWY3ODcyODlyNDFiNyJ9>>. Acesso em: 12 mar. 2026.
- [67] BRASIL. **Aviação: Governo Federal atualiza plano para redução da emissão de CO₂**. Disponível em: <<https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/noticias/2025/04/aviacao-governo-federal-atualiza-plano-para-reducao-da-emissao-de-co2>>. Acesso em: 22 jan. 2026.
- [68] BRASIL. **SustentAr 2023**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/sustentar/sustentar-2023>>. Acesso em: 17 mar. 2026.
- [69] BRASIL. **Aeroportos Sustentáveis**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/meio-ambiente/aeroportos-sustentaveis/aeroportos-sustentaveis>>. Acesso em: 17 mar. 2026.

REFERÊNCIAS

- [70] BRASIL. **Brasil atualiza plano para reduzir emissões de CO2 na aviação civil**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2025/brasil-apresenta-5a-edicao-do-plano-de-acao-para-a-reducao-das-emissoes-de-co2-na-aviacao>>. Acesso em: 12 mar. 2026.
- [71] ANTT. **ANTT e ANTAQ firmam cooperação inédita para criar corredor logístico sustentável e integrar transporte no Brasil**. Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/antt-e-antaq-firmam-cooperacao-inedita-para-criar-corredor-logistico-sustentavel-e-integrar-transporte-no-brasil>>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- [72] IPCC. **Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2022.
- [73] IPCC. Technical Summary. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects.: Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Em: United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014. p. 35–94.
- [74] IPCC. **Anexo II: Glossary: Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [s.l.] Intergovernmental Panel On Climate Change, 22 jun. 2023. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9781009325844/type/book>>. Acesso em: 18 fev. 2026.
- [75] IPCC. **Framing, Context, and Methods. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 1. ed. [s.l.] Cambridge University Press, 2021.
- [76] IPCC. **Future Global Climate: Scenario-Based Projections and Near Term Information. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 1. ed. [s.l.] Cambridge University Press, 2021.
- [77] MCTI. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à UNFCCC**. [s.l.] Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes-mcti/quarta-comunicacao-nacional-do-brasil-a-unfccc/sumario_executivo_4cn_brasil_web.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2023.

REFERÊNCIAS

- [78] TCFD. **Recomendações da Força-tarefa para Divulgações Financeiras Relacionadas às Mudanças Climáticas**. [s.l.] Task Force on Climate-related Financial Disclosures, 2017.
- [79] IPCC. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 1. ed. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2012.
- [80] PARKER, N. C. et al. Extreme heat effects on electric vehicle energy consumption and driving range. **Applied Energy**, v. 380, p. 125051, fev. 2025.
- [81] TOGUN, H. et al. A comprehensive review of battery thermal management systems for electric vehicles: Enhancing performance, sustainability, and future trends. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 97, p. 1077–1107, jan. 2025.
- [82] OBSERVATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE EM LOGÍSTICA - OSML. **Momento de Transporte**. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojODhiYmMyNGItMTNkMi00N2I2LTgxYWMTMjA0MjE3NmZiNTNjIiwidCI6IjFiNDcwMzAxLTM3ZTctNGlyMy04NGY1LWY3ODcyODlyNDFiNyJ9>>. Acesso em: 12 jan. 2026.
- [83] BRASIL. **Levantamento de Impactos e Riscos Climáticos sobre a Infraestrutura Federal de Transporte Terrestres (Rodoviário e Ferroviário) Existente e Projetada: ProAdapta: Adaptação à Mudança do Clima**. Brasília, DF: Ministério dos Transportes; Ministério da Ciência Tecnologia e Inovações; GIZ e Coppe/UFRJ, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/sustentabilidade/Sumario_Executivo_ADAPTAVIAS.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2026.
- [84] BRASIL. **Infraestrutura ferroviária | AdaptaBrasil MCTI**. Disponível em: <<https://adaptabrasil.mcti.gov.br/tema/infraestrutura-ferroviaria>>. Acesso em: 11 fev. 2026.
- [85] ISO. **Climate change adaptation**. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization -, 2022. Disponível em: <<https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100449.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2026.

REFERÊNCIAS

- [86] INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO. **Mobilidade Urbana e Solucoes baseadas na Natureza: Integrando Estrategias de Adaptacao para as Cidades Brasileiras**. [s.l.] ITDP Brasil, fev. 2026. Disponível em: <<https://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2026/02/Mobilidade-Urbana-e-Solucoes-baseadas-na-Natureza-Integrando-Estrategias-de-Adaptacao-para-as-Cidades-Brasileiras.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2026.
- [87] BLACKWOOD, L.; RENAUD, F. G.; GILLESPIE, S. Nature-based solutions as climate change adaptation measures for rail infrastructure. **Nature-Based Solutions**, v. 2, p. 100013, dez. 2022.
- [88] BRASIL. **Ondas de calor: os impactos da ‘emergência silenciosa’**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2025/03/ondas-de-calor-os-impactos-da-2018emergencia-silenciosa2019>>. Acesso em: 17 out. 2025.
- [89] WWF BRASIL. **Clima: aquecimento no Brasil já é maior que a média global**. Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?90161/Clima-aquecimento-no-Brasil-ja-e-maior-que-a-media-global>>. Acesso em: 17 out. 2025.
- [90] FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO. **Cidades do Futuro: As Soluções Baseadas na Natureza ajudando a enfrentar a emergência Climática**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://solucoesbaseadasnanatureza.com.br/wp-content/uploads/2023/11/Guia%20SBN_%20Cidades%20do%20futuro.pdf>. Acesso em: 18 out. 2025.
- [91] XIMENES, D. S. S.; MAGLIO, I. C. Soluções Baseadas na Natureza e adaptação climática no Brasil: estudo de cidades costeiras vulneráveis. **Revista LABVERDE**, v. 12, n. 1, p. 183–206, 21 nov. 2022.
- [92] DE SOUSA, A. A.; SANCHES, S. P.; FERREIRA, M. A. G. Perception of Barriers for the Use of Bicycles. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 160, p. 304–313, dez. 2014.
- [93] BRADY-PHILLIPS, V.; HOLMES, J. **Transforming Urban Logistics: Sustainable and Efficient Last-Mile Delivery in Cities**. [s.l.] World Economic Forum - WEF, 2024. Disponível em: <https://reports.weforum.org/docs/WEF_Transforming_Urban_Logistics_2024.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2026.

REFERÊNCIAS

- [94] IEA. **Cooling on the move: The future of air conditioning in vehicles**. [s.l.] International Energy Agency e OECD, 20 set. 2019. Disponível em: <https://www.oecd.org/en/publications/cooling-on-the-move_fa9c12d3-en.html>. Acesso em: 19 fev. 2026.
- [95] C40 CITIES. **Cities100: 100 Cities projects making the case for climate action**. [s.l.] C40, 2019. Disponível em: <https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Cities100-2019?language=en_US>. Acesso em: 14 fev. 2026.
- [96] BASKIN, A. **Nature Based Solutions (NBS) in the Transport Sector**. [s.l.] Transformative Urban Mobility Initiative e GIZ, 2023. Disponível em: <https://transformative-mobility.org/wp-content/uploads/2023/05/NBS-Article_Ariadne-Baskin.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2026.
- [97] C40 CITIES. **Cities100: Medellín's interconnected green corridors**. Disponível em: <https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Cities100-Medellin-s-interconnected-green-corridors?language=en_US>. Acesso em: 20 jan. 2026.
- [98] BRASIL; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (MMA), MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI), MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (MT) E MINISTÉRIO DE PORTOS E AEROPORTOS (MPOR). **Plano Clima Adaptação: Plano Setorial de Transportes**. Brasília, DF: Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC); Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT); Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ); Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT); Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO); e Infra S.A, 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/mudanca-do-clima/planosetorial-transportes.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2026.
- [99] RIBEIRO, D. J. D. S.; CARINA CATIANA FOPPA. Educação Ambiental e Ecologia de Estradas, um diálogo possível para o ensino de biologia. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 40, n. 2, p. 173–194, 18 ago. 2023.
- [100] BÍL, M. et al. **Wildlife vehicle Collisions: Road ecology, monitoring and mitigation, citizen science, pedagogical and socioeconomic aspects**. , 2019. Disponível em: <<http://www.enveros.eu/>>
- [101] HILTY, J. **Connectivity: Ecological corridors are key to protecting biodiversity**. Disponível em: <<https://www.oneearth.org/connectivity-ecological-corridors-are-key-to-protecting-biodiversity/>>. Acesso em: 18 mar. 2026.





REFERÊNCIAS

[102] BRASIL. **Corredores Ecológicos**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/gestao-integrada-de-paisagem/corredores-ecologicos/corredores-ecologicos>>. Acesso em: 18 mar. 2026.

[103] PETROBRAS. **Corredores Ecológicos: preservando a biodiversidade brasileira para o amanhã**. Disponível em: <<https://nossaenergia.petrobras.com.br/w/sustentabilidade/corredores-ecologicos-preservando-a-biodiversidade-brasileira-para-o-amanha>>. Acesso em: 18 mar. 2026.



-  [infrasaoficial](#)
-  [infra.oficial](#)
-  [infra-oficial](#)
-  [infrasa.oficial](#)

-  observatorio@infrasa.gov.br
-  institucional@infrasa.gov.br
-  www.ontl.infrasa.gov.br
-  www.infrasa.gov.br