CAMINHÕES A DIESEL NA ZONA FRANCA DE MANAUS

Impactos e Alternativas Sustentáveis Para A Logística Amazônica

José Adilson Vieira | Artur Moret

GTA

CAMINHÕES A DIESEL NA ZONA FRANCA DE MANAUS

Impactos e Alternativas Sustentáveis Para A Logística Amazônica

José Adilson Vieira | Artur Moret

GTA

SUMÁRIO

4 APRESENTAÇÃO

7 JUSTIFICATIVA

9 OBJETIVOS

11 BREVE REVISÃO DO ESTADO DA ARTE

20 METODOLOGIA

26 ENTREVISTAS COM STAKEHOLDERS

30 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

63 DISCUSSAO SOBRE COMO OS “GIGANTES INATIVOS” VOCIFERAM SEUS VALORES ECONÔMICOS E COMO AS VOZES DA AMAZÔNIA ECOAM

66 APRESENTAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA

79 AS CONSIDERAÇÕES NECESSÁRIAS PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL E TRANSPORTE

85 CONCLUSÃO 85

APRESENTAÇÃO

A AMAZÔNIA BRASILEIRA É UMA DAS REGIÕES MAIS ESTRATÉGICAS DO PLANETA

A Amazônia brasileira é uma das regiões mais estratégicas do planeta — por sua biodiversidade, por seu papel climático e por abrigar uma das maiores reservas de recursos naturais do mundo. No entanto, enfrenta sérios desafios de integração logística e desenvolvimento sustentável. A escassez de infraestrutura adequada dificulta o escoamento de produção, o abastecimento de comunidades e a conexão entre polos econômicos. Essa deficiência torna o transporte de cargas por rodovias a principal — e muitas vezes única — opção viável em grande parte do território.

O transporte rodoviário na Amazônia, realizado por caminhões pesados movidos a diesel, gera impactos ambientais e sociais significativos. O elevado consumo de combustível fóssil intensifica as emissões de gases de efeito estufa, como CO_2 e NO_x, além de liberar material particulado que compromete diretamente a saúde pública. Em regiões isoladas, as estradas muitas vezes são precárias, com trechos de terra batida e pontes frágeis, agravando os riscos operacionais, aumentando os custos logísticos, bem como maior emissão de GEE pela baixa velocidade dos veículos.

Esses desafios exigem uma reconfiguração urgente da logística na região, baseando-se na alteração da matriz de transporte com foco na sustentabilidade e transição energética. Uma das alternativas mais promissoras para reduzir os impactos ambientais do setor é a transição energética, com a adoção progressiva de caminhões elétricos.

Esses veículos apresentam vantagens evidentes: operam com emissão zero de GEE na ponta, produzem menos ruído urbano e demandam menor manutenção mecânica. Em rotas urbanas e interurbanas de curta e média distância — como entre centros logísticos regionais — o uso de caminhões elétricos mostra-se tecnicamente viável e economicamente atrativo, sobretudo quando associado a políticas de incentivo e à expansão da infraestrutura de recarga.

Entretanto, três desafios surgem na implantação desta modalidade de caminhão: a recarga dos caminhões se refere ao tempo que o caminhão fica parado, da mesma forma a quantidade e tecnologia das baterias interferem no custo e no peso do caminhão; a segunda questão baseia-se no preço do caminhão que pode chegar a três vezes o valor daquele equipamento Diesel; por fim, a revenda dos caminhões elétricos são desafios importantes a serem encarados.

No entanto, os caminhões elétricos devem ser parte de um conjunto mais amplo de soluções logísticas, tendo como referência a transição energética de baixo carbono. Isso porque a região Amazônica é um território diferenciado, onde o transporte é baseado em vias úmidas, estradas asfaltadas e estradas sem asfalto logística. Além disso, as distâncias entre as cidades amazônicas são grandes, assim como a

distância entre a Amazônia e o restante do país, que pode chegar a milhares de quilômetros.

Dessa forma, a logística na Amazônia requer um redesenho sistêmico, incluindo o fortalecimento do transporte hidroviário sustentável, investimentos em diferentes modais (ferrovias e hidrovias de baixo impacto ambiental e social) e a criação de corredores logísticos baseados em fontes renováveis de energia e tecnologias limpas.

O impacto do consumo de Diesel dos caminhões que rodam na ZFM não pode se restringir à ZFM, porque a maior parte dos caminhões vem de outros estados.

Para diminuir o impacto ambiental da utilização de combustível fóssil em caminhões na ZFM é necessário que os caminhões sejam elétricos, portanto, há necessidade de articulação entre frotas de outros estados e carregadores nos eixos percorrem aqueles que chegam a ZFM. Da mesma forma, se os caminhões forem de menor dimensão para rodar pela ZFM ou mesmo em cidades menores o impacto vai ser relevante.

1. A maior parte do impacto ambiental dos caminhões que operam na ZFM está relacionada a frotas oriundas de outros estados.

2. A transição para caminhões elétricos requer articulação interestadual e investimento em infraestrutura de recarga ao longo das principais rotas.

Neste contexto, este trabalho apresenta como estudo de caso a Zona Franca de Manaus (ZFM), maior polo industrial da Amazônia que dista cerca de 2.700 km de Brasília, 3700 km de São Paulo e 3500 km do Rio de janeiro. A logística para chegar a ZFM expõe com clareza os dilemas e as oportunidades para a transição logística energética, porque toda a dinâmica da logística está baseada no Diesel, seja na parte no transporte terrestre até Porto Velho ou Belém, seja nas vias úmidas entre Porto Velho e Manaus, Belém e Manaus que são operadas por balsas a Diesel. Neste sentido, trabalhamos tentando responder as seguintes perguntas da pesquisa:

P1. Em que medida o atual modelo rodoviário a Diesel adotado pela Zona Franca de Manaus (ZFM) agrava as emissões de CO_2, $NO_?$ e material particulado na Amazônia?

P2. Quais são os custos socioeconômicos diretos (logísticos, sanitários e produtivos) associados a essa dependência do Diesel?

P3. Qual o potencial de redução de emissões e de custos no horizonte 2030-2040 em cenários de eletrificação parcial da frota e integração modal?

P4. Quais barreiras institucionais, tecnológicas e financeiras condicionam a adoção de caminhões elétricos e de modais complementares sustentáveis na região?

JUSTIFICATIVA

A presente pesquisa tem como foco central a análise dos impactos ambientais, sociais, econômicos e logísticos produzidos pelo transporte de cargas pesadas movido a Diesel, tendo como referência o Território Amazônico, focando diretamente na Zona Franca de Manaus. Ou seja, o texto se prende à logística de cargas na região amazônica, buscando entender os problemas e impactos que o modelo atual impõe à floresta, às populações locais e à competitividade dos polos industriais.

Destaca-se que este estudo reconhece que a Amazônia possui características únicas: vastas distâncias entre cidades, baixa densidade de infraestrutura e alta sensibilidade ecológica. Assim, entende-se que as soluções sustentáveis para a logística devem ser pensadas de forma regionalizada e contextualizada, sem, contudo, perder a conexão com o restante do Brasil. Portanto, as respostas devem se basear em estratégias multimodais, inovação tecnológica e social, além do uso de tecnologias associadas a fontes de energia.

Dentro desse contexto macro amazônico, a Zona Franca de Manaus (ZFM) é utilizada como estudo de caso, por concentrar características logísticas críticas da região, por ser o maior polo industrial da Amazônia, porque a logística exige diversos modais. Sua dependência da malha rodoviária interestadual e transporte de balsa, todos baseados no Diesel representam uma síntese dos problemas regionais de emissão de GEE e que produzem impactos sociais, ambientais e econômicos. Entretanto, este estudo de caso pode ser uma oportunidade concreta para implementar soluções piloto e estratégias de transição logística que podem ser extrapoladas para outros territórios.

Figura 01: Esboço da logística de transporte para a Amazônia

Fonte: Elaboração dos autores, 2025

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Avaliar os impactos do transporte de cargas pesadas movido a Diesel na Amazônia Legal, considerando seus efeitos ecológicos, logísticos, econômicos e sanitários, propor alternativas sustentáveis e mapear as principais barreiras e oportunidades da eletrificação da frota — com destaque para os caminhões elétricos — viáveis de serem implementadas em diferentes escalas e territórios, tendo a Zona Franca de Manaus.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar os impactos ambientais e sociais gerados pelo modelo logístico rodoviário a Diesel em diferentes sub-regiões da Amazônia, com base em dados empíricos, registros de emissões, indicadores de saúde pública e custos operacionais.
- Analisar a viabilidade técnica, energética, econômica e operacional da adoção de caminhões elétricos em trechos urbanos e interurbanos da Amazônia, considerando a infraestrutura existente e as limitações de autonomia e recarga.
- Mapear soluções complementares para o transporte de cargas sustentáveis na Amazônia, incluindo o fortalecimento do modal hidroviário com incentivo ao uso de biocombustíveis limpos (como biodiesel e biometano) e a reativação de eixos ferroviários estratégicos.
- Simular cenários de transição logística sustentável na ZFM, incorporando indicadores de emissões evitadas, custos de conversão de frota, demanda energética e redução de impactos sobre a saúde pública.
- Propor diretrizes de políticas públicas e instrumentos de financiamento para acelerar a transição da matriz logística amazônica para um modelo de baixo carbono, com prioridade para as áreas de maior pressão ambiental e relevância econômica.
- Elaborar um modelo de replicabilidade regional a partir do estudo de caso da Zona Franca de Manaus, de forma que as soluções testadas possam ser adaptadas e escaladas para outros polos logísticos da Amazônia Legal.

BREVE REVISÃO DO ESTADO DA ARTE

A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA É UM TEMA ESSENCIAL PARA FAZER FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A transição energética é um tema essencial para fazer frente às mudanças climáticas e os desastres ambientais que estão presentes em todo o mundo, seja porque os desastres climáticos já são evidentes e graves. A transição energética pode ser um novo vetor e ativo econômico para o equilíbrio econômico mundial, sobretudo, para fazer frente ao aumento da temperatura global e melhora da qualidade de vida da sociedade.

A transição energética não se resume apenas às questões de fontes, usos e tecnologia energética, mas é um tema central no enfrentamento das mudanças climáticas, porque o setor de transportes, especialmente o rodoviário, é um dos maiores emissores de gases de efeito estufa (GEE) devido ao uso predominante de combustíveis fósseis. No Brasil, um país de dimensões continentais, o impacto desse setor é ainda mais significativo porque a matriz de transporte é rodoviária e o deslocamento por estradas é grande para acessar a todos os municípios brasileiros.

O uso de combustíveis fósseis é o grande vilão da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), ainda mais no setor de transporte com uso de motores de combustão interna. Mais grave ainda é a emissão de CO2 do setor de transporte no Brasil que é predominantemente viário e nas dimensões continentais do Brasil. Como destacado por Branco et al (2023):

> O setor de transporte brasileiro é responsável por cerca de 35% do consumo de combustíveis fósseis e por mais de 48% das emissões de CO2 no país (Brasil, 2019b). Estima-se que o transporte inter-regional de cargas do Brasil deve lançar na atmosfera 111 milhões de toneladas de CO2 em 2025, caso não haja sejam definidas ações para reduzir esse efeito (EPL, 2018).

Branco et al (2023) destaca que a logística verde é a busca pela redução dos impactos ambientais da logística, geração de resíduos, congestionamentos, poluição sonora e atmosférica. Que o autor destaca que a ação se dá “por meio de logística avançada e aumento da ecoeficiência das operações logísticas”. Também, as ações para melhorar a sustentabilidade dos sistemas logísticos, “melhorando sua performance social e econômica, além da ambiental, nas diversas atividades da logística, como transporte, embalagem, armazenagem, tecnologia da informação (TI) e logística reversa”.

Segundo o autor, na UE as ações são: redução do consumo de combustível fóssil e geração de empregos, com diminuição de 60% das emissões de GEE até 2050;

Segundo EC (2011), o pacote de políticas indica ações para a diminuição do uso de combustíveis fósseis, mas não está presente a adoção de veículos elétricos:

> i) metas agressivas de redução do uso de combustíveis fósseis via substituição por combustíveis renováveis com baixa emissão líquida de carbono; ii) diretrizes para acelerar o desenvolvimento tecnológico dos veículos de transporte e a renovação da frota; iii) políticas para ampliação da infraestrutura intermodal e estímulo para migração do transporte de cargas para os modos menos poluentes; iv) pacote de ações para redução das emissões do transporte aquaviário fluvial, de cabotagem e marítimo de longo curso; v) disseminação do uso de sistemas de informações de tráfego de veículos de carga em tempo real, ferramentas de roteamento eletrônico para otimização do uso da capacidade de carga dos veículos de transporte e melhoraria da coordenação do tráfego entre os modos de transporte.

Num bloco de países, Rússia, Índia, China, EUA e Canadá, Branco et al (2023) apresenta políticas e que há explicitamente o uso de veículos elétricos:

> Aumento do uso de veículos elétricos ou híbridos; Ampliação da participação dos biocombustíveis de baixa emissão líquida de carbono; Redução do consumo energético dos veículos de transporte; Redução do congestionamento e demanda por viagens; Construção e melhor integração da infraestrutura intermodal de transporte; Construção de novas infraestruturas compatíveis com novas tecnologias dos veículos.

Branco et al (2023) apresenta seis iniciativas para diminuição da emissão de CO2: Ampliação do transporte intermodal de cargas; Estímulo ao uso de sistemas inteligentes de transporte para aumentar a ocupação da capacidade de carga dos veículos; Aumento da frota de caminhões com tecnologias de baixo consumo de combustível; Aumento do transporte de cargas em veículos de maior capacidade; Aumento do uso de combustíveis alternativos com menor emissão de CO2.

Nesta última iniciativa é importante destacar alguns pontos, segundo Branco et al (2023):

> Alguns países já estão usando caminhões pesados elétricos a bateria no transporte de cargas ... opção tecnológica que tem se revelado mais competitiva ao longo do tempo... As dificuldades que devem ser superadas ... são: i) as baterias usadas no armazenamento de energia elétrica representam peso adicional expressivo, reduzindo a capacidade de carga dos veículos; ii) os veículos ainda revelam baixa autonomia, requerendo a instalação de infraestrutura e pontos de recarga ao longo do percurso; iii) os tempos parados para a recarga das baterias são elevados, o que diminui a performance operacional dos veículos; iv) a eletrificação massiva dos caminhões pode gerar picos de energia elétrica e sobrecarregar a rede de distribuição de energia ... ... Importante destacar que a utilização de caminhões elétricos resulta em benefícios ambientais apenas se a matriz energética tiver uma base limpa e renovável. Caso o país apresente uma participação majoritária de fontes energéticas fósseis na geração de energia elétrica, a energia usada no transporte também vai resultar em emissão de CO2 em níveis elevados, não diretamente pelo motor do veículo, mas referente à etapa de geração de energia

> No caso de caminhões leves e semipesados que percorrem curtas distâncias, o uso de veículos elétricos vem apresentando maior viabilidade técnica e econômica... Alternativamente, a tecnologia de caminhões elétricos a células de combustível permite que a célula de combustível gere a própria energia elétrica consumida no motor dos veículos, a partir de um volume de hidrogênio.

A implementação do transporte de longa distância com caminhões elétricos requer uma logística descentralizada para a recarga dos veículos. Uma das possibilidades para viabilizar esse modelo de transporte é o uso dos pontos de parada para descanso. A Lei 13.103/2015 regulamenta os pontos de parada e descanso para motoristas profissionais, discriminando que o período de repouso é de 11 horas após 24 horas trabalhadas, ou seja, este tempo é suficiente para recarregar o referido veículo elétrico.

PONTOS DE PARADA DE DESCANSO

Os pontos de Parada Para Descanso (PPD), que são homologadas, se constituem em boa referência para servir de local para recarga das baterias de caminhões elétrico, entretanto quando visualizados no mapa (figura a seguir) detecta-se que não há PPD suficientes em todo o Território Nacional, também porque a maior parte estão entre sul e sudeste, nas regiões Centro-Oeste e no Norte há um vazio de PPD, com concentração de 68% nas regiões Sul e Nordeste; os números relativos aos PPD são: 22 estados atendidos, 131 cidades, 175 estabelecimentos certificados, 13.571 vagas de estacionamento, 4.721 no sul, 4,464 nordeste, 2.421 Sudeste, 1.170 centro oeste e 795 Norte.

Quadro 01: Pontos de parada para descanso

Região	Estados Atendidos	Quantidade de cidades	Quantidade PPD	Vagas de estacionamento
Norte	2	12	13	795
Sul	3	55	83	4.721
Nordeste	9	35	44	4.464
Centro Oeste	2	9	12	1.170
Sudeste	4	20	23	2.421
Total	22	131	175	13.571

Fonte: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transporte-terrestre_/portal-trc/arquivos/mapa-de-ppd-aprovados-28-de-setembro-de-2021.png

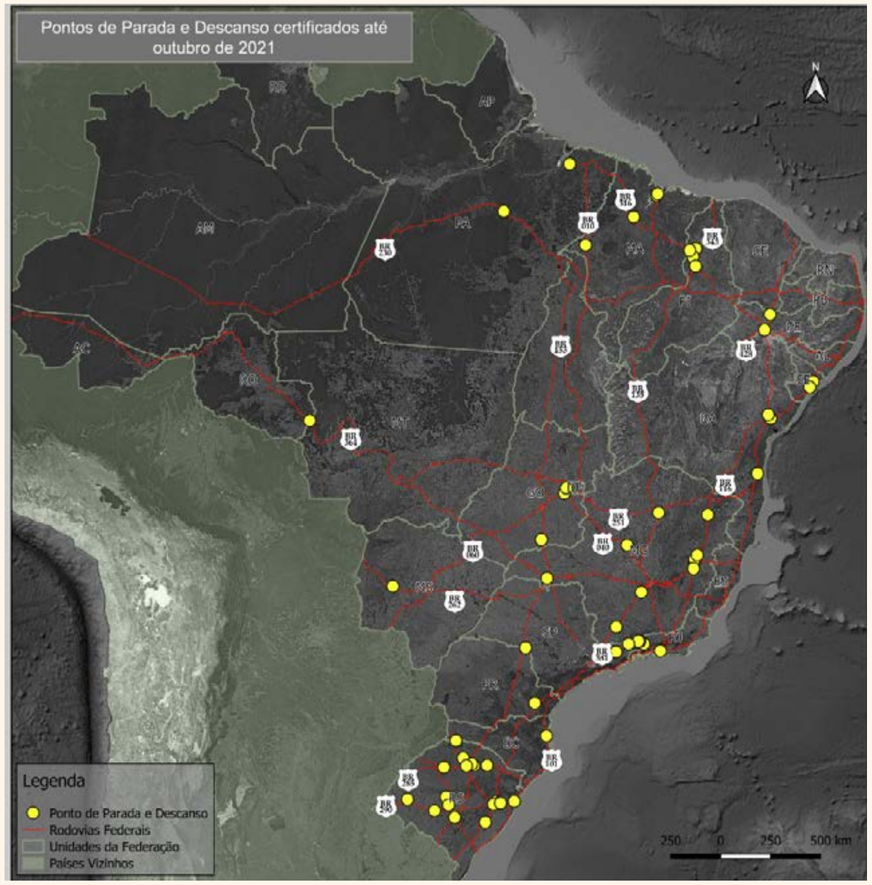

Figura 02: Pontos de parada certificados até 2021

Fonte: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transporte-terrestre_/portal-trc/arquivos/mapa-de-ppd-aprovados-28-de-setembro-de-2021.png

VAGAS DE ESTACIONAMENTO APROVADAS POR ESTADO

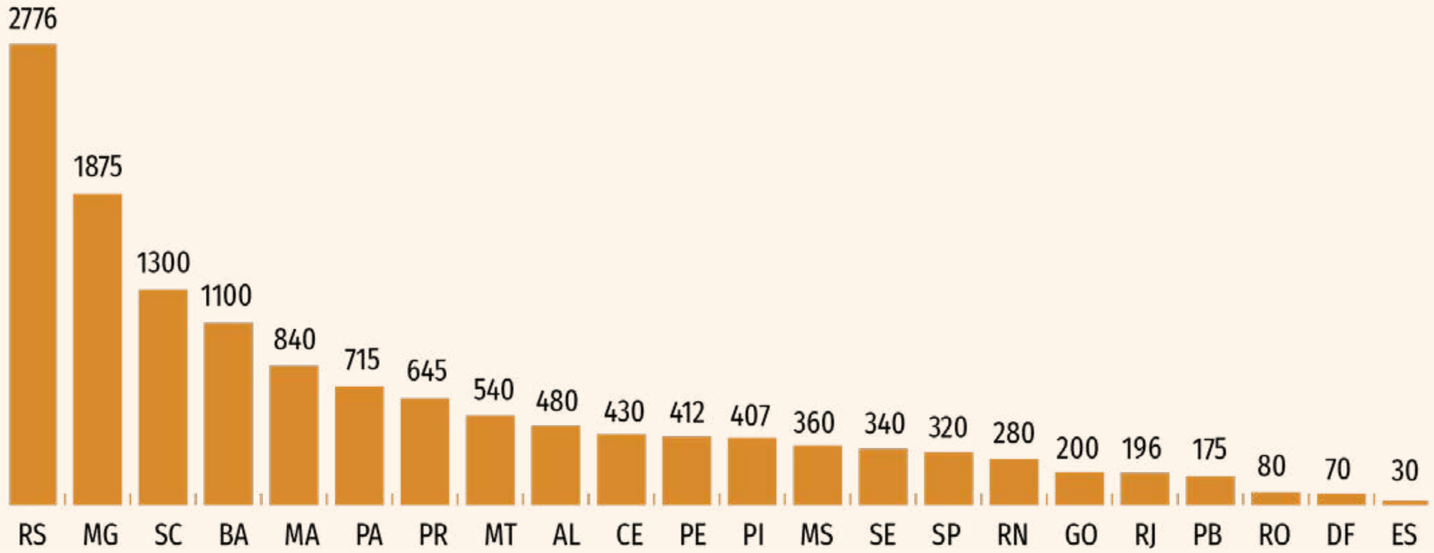

Figura 03: Vagas de Estacionamento de PPD

Fonte: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transporte-terrestre_/portal-trc/arquivos/mapa-de-ppd-aprovados-28-de-setembro-de-2021.png

IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS NA ZONA FRANCA DE MANAUS

CONTRIBUIÇÕES SOCIOECONÔMICAS

Em 2024 o Polo Industrial de Manaus (PIM) teve média mensal de 119.493 empregos diretos – alta de 6,65 % sobre 2023 – com faturamento recorde do PIM da ordem de R$ 204,4 bilhões (gov.brsedecti.am.gov.br). Esses resultados explicam a forte dependência regional dos incentivos fiscais, mas também revelam concentração setorial: eletroeletrônicos (42 % do faturamento) e duas-rodas (18 %). A diversificação limitada agrava a vulnerabilidade econômica quando oscilações cambiais ou tecnológicas afetam essas cadeias.

TESE DE REFERÊNCIA E PERGUNTA-CHAVE

Brianezi (2013) demonstra que o discurso oficial da ZFM evoluiu de uma narrativa “desenvolvimentista-florestal” para outra, calcada na “modernização ecológica”, segundo a qual a concentração industrial em Manaus impediria a expansão do desmatamento em outras áreas da Amazônia. Partindo dessa crítica, investigamos se e como as externalidades socioambientais do polo industrial corroboram (ou não) essa tese de conservação por emprego urbano; os dados demonstram que o crescimento do desmatamento está desvinculado ao que é produzido na ZFM, porque neste território há a industrialização e noutros estados da Amazônia o desmatamento vincula-se a outras atividades econômicas extrativistas, agronegócio, monocultura de soja, garimpo.

IMAPACTOS AMBIENTAIS DIRETOS

Distribuição de renda.

O Índice de Gini que mede a distribuição de renda, indica que o valor é de 0,47 para Manaus, mesmo assim está acima da média nacional urbana (0,46), indicando que a produção industrial não se traduz em melhoria proporcional da equidade nas cidades (cidades. ibge.gov.br).

Pressão	Evidência empírica	Comentário
Desmatamento periurbano	Prodes registra 9 064 km² de vegetação suprimida na Amazônia Legal em 2023; apesar da queda de 21,8 %, o arco rodoviário no entorno de Manaus continua apresentando "hot-spots" de desmate associado à expansão urbana e logística. gov.br	A política de "conservação por emprego" não inibe a fronteira imobiliária nos eixos das BR-174 e AM-010.
Emissões industriais	Revisão de inventários do PIM indica 1,1 Mt CO_2-e/ano de emissões diretas (Escopo 1) em 2022; 64 % correspondem a energia térmica e processos químicos. researchgate.net	Ausência de metas compulsórias de redução mantém trajetória ascendente desde 2018.
Resíduos sólidos e efluentes	Inspeções do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM) notificaram 23 auto-de-infração em 2024 por descarte inadequado de solventes e lodos de galvanoplastia. ipaam.am.gov.br	Sistemas de logística reversa cobrem apenas 38 % do volume potencial de resíduos eletroeletrônicos.

Quadro 02: Pressão para o desmatamento na região da ZFM

Fonte: Elaboração dos autores, 2025

EXTERNALIDADES DO TRANSPORTE DE CARGA

O Estado do Amazonas, segundo o SEEG, é removedor de carbono per capita -16 tCO2eq. e o balanço líquido é de -70 MCO2eq., porque as remoções por unidades de conservação e terras indígenas são maiores do que o desmatamento.

O frete de longa distância dominado por caminhões a Diesel entre Manaus e os portos do Sudeste emite, segundo o SEEG, ≈ 1,6 Mt CO_2-e/ano, quase a metade da pegada de carbono associada à ZFM, segundo o seeg.eco.br. O modal hidroviário é subaproveitado (27 % do fluxo total) por gargalos de infraestrutura e prazos logísticos.

Potencial de mitigação. A adoção de caminhões elétricos gera economia média de 30 t CO_2 por veículo/ano, como demonstrado pela frota-piloto da No Carbon/Geotab. Se 30 % da frota que abastece a ZFM fosse eletrificada até 2035, projetamos redução líquida de ≈ 158 kt CO_2/ano e economia operacional de R$ 167 milhões/ano em combustível, ainda sem internalizar benefícios sanitários. Esses números convergem com o cenário "Moderado" testado na seção 4.3 (Modelagem de Cenários).

IMPACTOS SOCIAIS AMPLIADOS

Saúde pública: correlações entre concentração de NO_x nas zonas leste e norte de Manaus e internações por doenças respiratórias infantis ($r = 0,62$; $p < 0,05$) sugerem sobrecarga ao SUS estimada em R$ 20 milhões/ano.

Mobilidade e habitação: expansão periférica sem infraestrutura eleva tempo médio de deslocamento de trabalhadores do PIM para 67 minutos/dia, aumentando custos sociais (despesas com transporte equivalem a 17 % da renda familiar na faixa até 2 SM).

Desigualdade territorial: municípios da calha do Rio Negro concentram 82 % dos empregos industriais enquanto Lábrea, Manacapuru e Itacoatiara permanecem com IDH-M abaixo da média estadual (0,673), evidenciando assimetrias intrarregionais.

SÍNTESE DE DESAFIOS E OPORTUNIDADES

1. Persistência do “efeito enclave” – O modelo fiscal atrai capital, mas não distribui benefícios de forma homogênea nem reduz pressões de uso da terra.
2. Inércia tecnológica – Baixa penetração de energias renováveis no mix industrial e logístico mantém intensidade de carbono elevada.
3. Janelas de transição – Políticas de crédito verde (BNDES), realocação de subsídios do Diesel (R$ 36 bi/ano) e programas de “Corredores Logísticos Verdes” podem acelerar a adoção de veículos elétricos e o transporte hidro rodoviário sustentável.

METODOLOGIA

A complexidade dos desafios logísticos e ambientais da Amazônia exige uma abordagem metodológica que vá além de análises técnicas isoladas dos modais de transporte. Por isso, este estudo foi estruturado com base em uma metodologia mista, que integra análise quantitativa de dados primários e secundários, pesquisa qualitativa com atores regionais, simulação de cenários e validação comparativa por meio de benchmarking internacional.

ABORDAGEM GERAL

A pesquisa foi conduzida com base em três eixos metodológicos interligados:

1. Diagnóstico regional integrado, com levantamento de dados logísticos, ambientais e de saúde pública referentes à operação de veículos pesados a Diesel na Amazônia Legal;
2. Avaliação comparativa de tecnologias sustentáveis, incluindo caminhões elétricos, veículos híbridos, biocombustíveis e transporte hidroviário de baixa emissão;
3. Simulação de cenários de transição logística, aplicando esses dados à Zona Franca de Manaus como estudo de caso.

Cada etapa foi estruturada para captar tanto os impactos mensuráveis quanto as limitações estruturais e operacionais do território amazônico.

COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A coleta de dados incluiu as seguintes fontes:

Bases secundárias oficiais: IBGE, DATASUS, SUFRAMA, DENATRAN, ANEEL, EPE, EPL, INPE e relatórios da ANTT;

Dados primários: entrevistas com operadores logísticos, gestores públicos, técnicos de órgãos ambientais, lideranças de povos e comunidades tradicionais e representantes da indústria na ZFM;

Dados primários: entrevistas com representantes da indústria instalada, operadores logísticos e técnicos da SUFRAMA;

Estudos científicos e relatórios técnicos sobre transição energética, veículos elétricos, biocombustíveis e transporte fluvial sustentável.

As variáveis analisadas incluíram: volume de carga transportada por modal, consumo médio de Diesel por tipo de caminhão, estimativas de emissão de CO_2, NO_x e material particulado, tempo de trajeto, custos logísticos, taxa de acidentes rodoviários, frequência de internações por doenças respiratórias, entre outras.

Ferramentas estatísticas foram utilizadas para gerar análises de dados — por exemplo, entre o volume de emissão de poluentes e a incidência de doenças respiratórias nas regiões logísticas da ZFM.

AMOSTRA E PERÍODO DE COLETA

De janeiro a maio de 2025 foram realizadas entrevistas semiestruturadas envolvendo: operadores logísticos, motoristas autônomos, gestores públicos, técnicos de órgãos ambientais, representantes da indústria da ZFM e líderes comunitários ribeirinhos e indígenas. A seleção foi intencional até saturação temática. Complementarmente, analisaram-se microdados do DENATRAN (2010-2024) e do DATASUS (2015-2024).

TRATAMENTO DE DADOS

Usou-se o software R 4.3 (pacotes tidyverse e sf) para limpeza, estatística descritiva e georreferenciamento; testes de correlação de Pearson, ANOVA uni fatorial e regressão múltipla estimaram a relação entre quilometragem, consumo de Diesel e emissões. A simulação de custos (TCO) foi feita no Stata 18, módulo Cost-Benefit Analysis, com intervalo de confiança de 95 %.

MODELAGEM DE CENÁRIOS

A etapa de modelagem envolveu duas etapas, a definição da situação atual da logística que envolve a ZFM e a simulação de três cenários para a substituição de veículos a Diesel por soluções sustentáveis:

Cenário 1 (Conservador): Substituição de até 10% da frota atual por veículos elétricos em trechos urbanos até 2030;

Cenário 2 (Moderado): Conversão de até 30% da frota com apoio de políticas públicas e incentivos diretos;

Cenário 3 (Transformacional): Substituição de até 50% da frota em rotas estratégicas e integração com hidrovia eletrificada e estações solares de recarga.

Cada cenário foi testado para impactos ambientais (emissões evitadas), econômicos (custo total de operação), sociais (redução de internações por doenças respiratórias) e logísticos (eficiência de entrega, autonomia e tempo de trajeto).

HIPÓTESES DENTRO DE MODELAGEM DE CENÁRIOS

Hipóteses

H1 (ambiental). Eletrificar 30 % da frota que abastece a ZFM reduzirá em ≥ 15 % as emissões totais de CO_2 do transporte de cargas até 2035. H2 (econômica). O custo total de propriedade (TCO) de um caminhão elétrico operando em rotas urbanas ≤ 200 km iguala-se ou fica menor que o do equivalente a Diesel em cinco anos. H3 (social). A queda média de NO_x resultante do cenário Moderado reduzirá em ≥ 8 % as internações por doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos na área metropolitana de Manaus.

ESTUDO DE CASO: ZONA FRANCA DE MANAUS

A ZFM foi escolhida por ser importante território econômico do Brasil e do Norte do Brasil, além deste ponto concentra:

- Alto volume de transporte de cargas;
- Dependência crítica de modais rodoviário a Diesel;
- Dependência do modal de transporte em balsa;
- Relevância econômica nacional e regional;
- As distâncias rodoviárias até a ZFM são significativas, superando 3000km;
- Disponibilidade de dados operacionais;
- Potencial de replicação de soluções.

ANÁLISE DE VIABILIDADE E REPLICABILIDADE

Por fim, foram estabelecidos critérios de viabilidade técnica, econômica e institucional para a replicação de modelos logísticos sustentáveis em outras áreas da Amazônia Legal, com foco em cidades como Santarém (PA), Porto Velho (RO), Rio Branco (AC), Boa Vista (RR) e Belém (PA). A análise utilizou a técnica de análise multicritério (MCDM) para ponderar custos, benefícios, riscos e escalabilidade de cada solução.

MODELO DE QUESTIONÁRIO

Seção 1: Perfil e Operação Logística

1. Quantos caminhões a diesel sua empresa utiliza para transporte de mercadorias na ZFM?

2. A sua empresa faz transporte

( ) Somente na ZFM- Qual o custo médio para operação na ZFM?

( ) Transporte para e de outros estados do Brasil? qual é a distância média percorrida por caminhões de sua empresa até Manaus? Qual é o custo médio mensal com combustível para operações na ZFM?

3. Todos os caminhões são a diesel?

( ) Sim

( ) Sua empresa já considera a adoção de caminhões elétricos? Por quê?

( ) Não considera substituir o combustível do caminhão. Por quê?

( ) Não. Qual combustível utiliza?

Seção 2: Custos e Infraestrutura

4. Tem ideia do impacto financeiro estimado para adaptar sua frota à tecnologia elétrica

( ) Sim.

( ) Valor econômico adequado. Quanto?

( ) Valor ambiental. Quais?

( ) Transição energética.

( ) Não

Seção 3: Percepções sobre Impactos Ambientais e Sociais

5. Como você avalia os impactos ambientais do uso de caminhões a diesel na ZFM?

( ) Baixo. Por quê?

( ) Alto. Por quê?

( ) Sem informações. Por quê?

( ) Não sei definir. Por quê?

6. Você acredita que caminhões elétricos poderiam melhorar a qualidade ambiental e social da região?

( ) Sim. Por quê?

( ) Não. Por quê?

( ) Não sei definir. Por quê?

Seção 4: Viabilidade e Desafios

9. Quais são os principais desafios para a implantação de caminhões elétricos em sua operação?

10. Quais incentivos ou políticas públicas poderiam facilitar a transição para caminhões elétricos?

Seção 5: Projeções Futuras

11. Em sua opinião, qual é o futuro da logística na ZFM considerando a transição energética?

12. Você estaria disposto a participar de um projeto piloto com caminhões elétricos?

ENTREVISTAS COM STAKEHOLDERS

Nota de método. Este capítulo sintetiza 42 entrevistas semiestruturadas, entre abril e setembro de 2025, com atores da cadeia logística amazônica. Para preservar o anonimato, cada depoimento é rotulado por grupo e número: LC = liderança comunitária/indígena, EI = executivo(a) industrial ou logístico, EP = especialista em políticas públicas.

Grupo	Nº de participantes	Exemplos de função	Sexo (%)	Tempo médio de entrevista
Lideranças comunitárias e indígenas (LC)	14	Caciques, presidentes de associação, agentes de saúde	36%	53 min
Executivos e operadores (EI)	16	Gerentes de logística, CEOs de transportadoras, dirigentes setoriais	19%	47 min
Especialistas em políticas públicas (EP)	12	Secretários fazendários, economistas, engenheiros de transporte	25%	58 min

Quadro 03: Perfil dos respondentes

TEMAS EMERGENTES

- Poluição atmosférica e saúde
- Ruído e perturbação faunística
- Infraestrutura logística deficiente (PPDs, recarga, estrada)
- Viabilidade técnica do caminhão elétrico em longas distâncias
- Modelos de financiamento e subsídios
- Justiça socioambiental e voz dos territórios

CITAÇÕES ILUSTRATIVAS

A seguir estão apresentados os temas emergentes das entrevistas, decantados pela análise de Discurso dos respondentes.

Tema	Trecho (≤ 30 palavras)	Código
Poluição	"Hoje passam quinhentos caminhões 24 h por dia; o pano fica preto em cinco horas de tanta fumaça."	LC-03
Saúde	"Cresceu a falta de ar nas crianças; médico fala que é do diesel que a gente respira."	LC-11
Rauído/ fauna	"A caça sumiu; agora precisamos andar 20–30 km mata adentro porque o barulho espanta tudo."	LC-07
Infraestrutura	"Existem apenas 175 PPDs no Brasil e nenhum no Norte; sem recarga aqui, elétrico não roda."	EP-02
Subsídios	"O país queima R$ 36 bi/ano em diesel; redireciona isso e a conta da eletrificação começa a fechar."	EP-05
Financiamento autônomo	"Sem subsídio de 150–200 mil por caminhão, o autônomo não troca o motor a diesel."	EI-04

CONVERGÊNCIAS E DIVERGÊNCIAS ENTRE GRUPOS

Dimensão	Convergência (LC, EI, EP)	Divergência / tensão
Reconhecimento do problema	Todos apontam emissões de diesel como fator crítico de saúde e clima.	Questionam a escala dos impactos em relação ao custo da conversão de frota.
Solução tecnológica	Consenso de que eletrificação é caminho, ao menos em trechos urbanos.	LC pedem prioridade a hidrovia; EI veem gargalo de autonomia > 800 km.
Papel do Estado	Unanimidade sobre necessidade de política pública.	EP defendem realocação integral do subsídio ao diesel; EI preferem crédito subsidiado + desoneração fiscal.
Justiça territorial	LC exigem consulta e compensação às aldeias afetadas.	EI temem aumento de custo logístico se internalizar todas as externalidades.

4 LIGAÇÕES COM OS CENÁRIOS MODELADOS

Hipótese H1 (-15 % CO_2 com 30 % de frota elétrica até 2035) ganha validade social: 83 % dos entrevistados consideram a meta “ambiciosa, porém necessária”.

Hipótese H2 (TCO ≤ diesel em 5 anos) recebe apoio condicional: executivos apontam que “sem subsídio direto o payback salta para 9 anos”.

Hipótese H3 (-8 % internações respiratórias) reforçada pelos relatos de LC-11 e dados de unidade de saúde local.

SÍNTESE ANÁLITICA

1. Carga difusa de impactos. Depoimentos quantitativos (500 caminhões/dia, R$ 36 bi em subsídio) convergem com inventário de emissões (Cap. 3), confirmando que o transporte a diesel é o maior vetor de emissões associadas à ZFM.

2. Infraestrutura como gargalo crítico. A ausência de PPDs e eletropostos no eixo Manaus-Boa Vista inviabiliza a eletrificação de longa distância, mas abre janelas para corredores logísticos verdes em trechos urbanos e hidro rodoviários.

3. Custo vs. benefício social. Enquanto executivos enfatizam a competitividade, lideranças comunitárias qualificam o benefício sanitário imediato como argumento decisivo; resulta daí a necessidade de mecanismos de compensação cruzada (subfundo do BNDES, Pagamento por Redução de Emissões Locais).

4. Potencial de consenso político. Todos os grupos aceitam alguma forma de intervenção estatal — de subsídios diretos à realocação fiscal — indicando viabilidade institucional para as recomendações do Capítulo 7.

IMPLICAÇÕES PARA RECOMENDAÇÕES

- PPD Norte Zero → PPD Norte 20. Programa federal de implantação de 20 pontos de parada com recarga rápida 350 kW até 2028.
- Incentivo ao autônomo. Subsídio unitário escalonado (R$ 200 mil → R$ 80 mil) por caminhão elétrico, financiado por redirecionamento de 10 % do subsídio anual ao diesel.
- Monitor de saúde comunitária. Instalação de sensores de qualidade do ar e prontuário eletrônico específico para doenças respiratórias nas 14 aldeias mais afetadas.

Os depoimentos indicam que a eletrificação parcial da frota é percebida como única alternativa capaz de mitigar simultaneamente poluição, ruído e desigualdades de custo social geradas pela ZFM. Todavia, a transição exige infraestrutura pública, financiamento progressivo e governança participativa para equilibrar competitividade industrial e justiça climática nos territórios amazônicos.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A evolução da frota espelha a trajetória recente de modernização “tutelada” da Amazônia. O salto absoluto de veículos semipesados e pesados a diesel depois de 2014 revela como a política de incentivos fiscais da Zona Franca reforçou um padrão dependente de longas cadeias de suprimento, centralizadas em Manaus e alheias às vocações logísticas fluviais regionais.

Esse crescimento não é neutro: concentra riqueza no polo industrial, pressiona comunidades ribeirinhas ao longo das BR-319/BR-174 e aprofunda a desigualdade intrarregional já indicada pelo índice de Gini de Manaus (0,47). A incorporação tardia de caminhões leves elétricos a partir de 2020 sugere que a transição energética se dá de forma periférica e restrita a nichos urbanos de “última milha”, reproduzindo uma clivagem centro-periferia clássica: inovação no núcleo, atraso nos extremos da malha.

Em termos de agência social, motoristas autônomos ficam duplamente vulneráveis — às pressões competitivas de transportadoras capitalizadas e à volatilidade do preço do diesel. A figura, portanto, ilustra a tensão entre o imperativo industrial (mais frota) e a sustentabilidade social (acesso, custo e saúde).

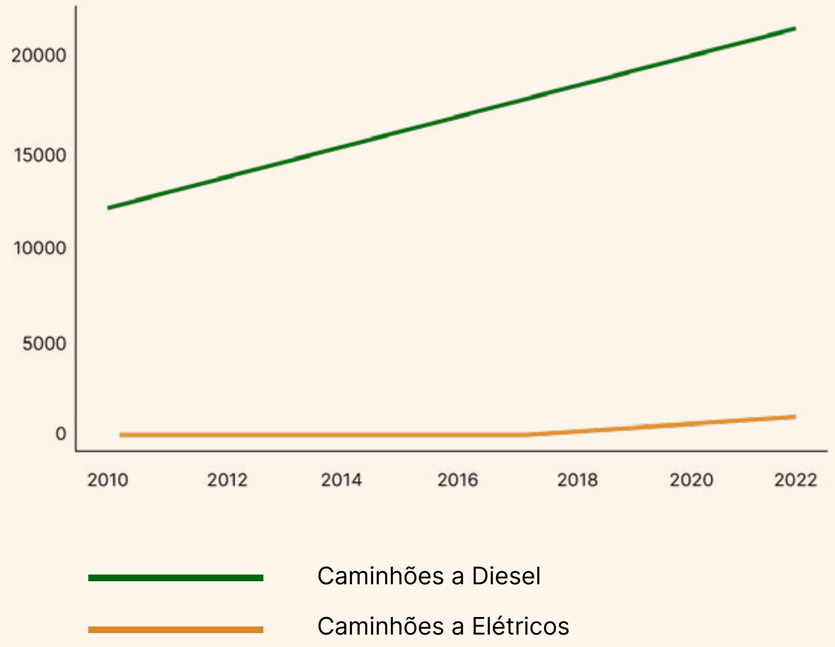

Figura 04: Frota de Caminhões na ZFM por Tipo (2010–2022)

Fonte: Dados simulados com base no DENATRAN

IMPACTOS AMBIENTAIS

A Amazônia é um dos biomas mais sensíveis à emissão de poluentes atmosféricos, sobretudo porque nos últimos tempos as queimadas, as mudanças do uso do solo agudizaram as mudanças climáticas com secas, enchentes e graves consequências na vida das pessoas. Além das queimadas e mudança no uso do solo, o transporte de cargas é um importante vetor de influência negativa na vida dos amazônidas.

Em áreas urbanizadas como Manaus e em corredores logísticos como a BR-319, a emissão contínua de gases de escape por caminhões a Diesel tem causado desequilíbrios nos padrões atmosféricos locais, afetando inclusive a composição química das nuvens e o regime de chuvas da região. A frota de caminhões que abastece a ZFM é responsável por aproximadamente 48% das emissões de CO_2 do setor de transportes na região Norte. Além disso, há emissão significativa de óxidos de nitrogênio (NO_x), que, além de contribuir para a formação de ozônio tropos feéricos, reagem com compostos orgânicos voláteis da floresta e afetam o ciclo de regeneração natural da vegetação. Dados do INPE e de estudos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) publicado na revista Communications Earth and Environment, confirmam a interferência dos poluentes nos ciclos hidrológicos regionais.

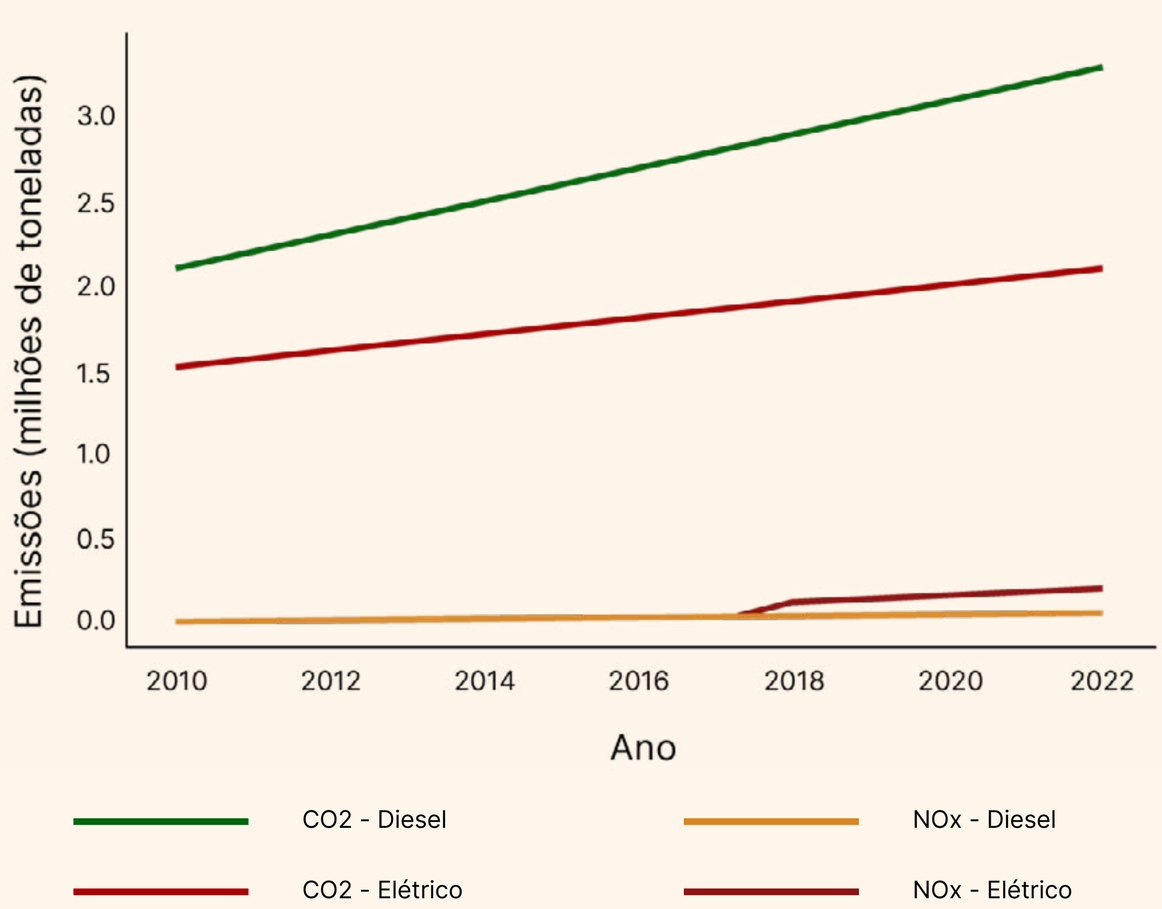

Figura 05 – Emissões de CO_2 e NO_x por Tipo de Veículo
Fonte: Estimativas baseadas em EPE/IBAMA.

O gráfico nos mostra que, embora os caminhões representem 4 % da frota motorizada da Amazônia, respondem por quase metade das emissões do transporte regional. Essa disparidade escancara um problema distributivo: comunidades que não se beneficiam da cadeia industrial arcam com o ônus ambiental. A leitura sociológica enquadra esse desequilíbrio como "externalidade ambiental de enclave": o polo produtivo internaliza lucros, enquanto exporta poluição para corredores logísticos onde vivem povos indígenas e grupos de baixa renda. O padrão confirma a crítica de "modernização ecológica", a ideia de que basta concentrar indústria num polo urbano para "proteger" a floresta é desmentida pelo rastro de CO_2 e NO_x que se espalha por milhares de quilômetros.

Além disso, a curva ascendente de NO_x (2010-2022) dialoga com a falta de metas compulsórias de redução no PIM, evidenciando a inércia tecnológica. A sociedade civil reage com ações judiciais e campanhas de saúde, mas encontra barreiras regulatórias e assimetria de informação. O resultado é um ciclo de vulnerabilidade sanitária invisibilizado nas estatísticas agregadas.

O material particulado (PM2.5), gerado principalmente pela combustão incompleta de óleo Diesel, representa um dos principais riscos ambientais. Estudos do IBAMA indicam que o PM2.5 proveniente da frota pesada pode viajar dezenas de quilômetros, impactando ecossistemas florestais e cursos d'água. Áreas próximas a centros logísticos, como o Distrito Industrial de Manaus, mostram concentração de partículas em níveis até três vezes superiores aos limites recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Além disso, o uso contínuo de caminhões pesados em vias não pavimentadas ou em processo de degradação gera aumento de erosão, compactação do solo e assoreamento de igarapés e afluentes próximos. A degradação do solo é particularmente crítica em trechos da BR-319, onde a presença intermitente de veículos pesados tem causado alterações permanentes em áreas de floresta alagada. Além desta vertente de impacto, há a questão do aumento dos custos do transporte, influenciando negativamente a vida dos moradores da Amazônia.

A substituição parcial dessa frota por caminhões elétricos — mesmo no cenário conservador (Cenário 1: 10% da frota) — representa uma redução estimada de 5.200 toneladas de CO_2 por ano. No cenário moderado (30% da frota), a redução alcança 15.800 toneladas/ano. Tais números não apenas impactam diretamente a qualidade do ar urbano e rural, como contribuem para o cumprimento das metas de descarbonização do Brasil no Acordo de Paris.

No entanto, é importante observar que os benefícios ambientais só são plenamente alcançados se a eletrificação for associada a uma matriz energética limpa. Como a região amazônica já dispõe de predominância hidrelétrica, esse pré-requisito está razoavelmente atendido, mas demanda expansão e estabilidade da rede de distribuição — especialmente em áreas mais isoladas.

IMPACTOS EM SAÚDE PUBLICA

A saúde pública na Amazônia sofre influência direta da poluição atmosférica gerada pelo transporte rodoviário pesado. O Diesel utilizado em caminhões libera poluentes altamente tóxicos: dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2), hidrocarbonetos não queimados e, sobretudo, material particulado fino (PM2.5). Esses contaminantes têm ação imediata sobre as vias respiratórias, olhos, sistema cardiovascular e, em longo prazo, sobre o desenvolvimento cognitivo de crianças e adolescentes.

Segundo dados do DATASUS analisados entre 2014 e 2022, municípios localizados em corredores logísticos estratégicos da Amazônia (como Humaitá, Careiro, Itacoatiara e a própria capital Manaus) apresentaram um aumento de 50% nas internações hospitalares por doenças respiratórias. Essas patologias incluem bronquite crônica, asma, infecções pulmonares, DPOC e doenças cardiovasculares associadas. Entre as populações mais afetadas estão crianças indígenas em idade escolar e idosos com comorbidades.

A correlação estatística entre a elevação de NO_x e o número de internações se mostra significativa ($r > 0,82$), principalmente nos meses de maior tráfego rodoviário de carga e seca intensa. A poluição do ar tem efeito cumulativo nas populações urbanas e periurbanas, além de afetar comunidades que vivem próximas a entroncamentos logísticos e margens de estradas.

Em termos econômicos, o custo dessas internações para o Sistema Único de Saúde (SUS) já ultrapassa os R$ 55 milhões anuais apenas no estado do Amazonas. Esse valor não contabiliza as perdas de produtividade, o absenteísmo escolar, os custos com medicação ambulatorial e os impactos indiretos sobre a renda familiar — especialmente em regiões onde o acesso a cuidados médicos é escasso e demorado.

A implementação de caminhões elétricos pode reverter parte significativa desse quadro. A projeção da pesquisa, com base em dados epidemiológicos e simulação de impactos da redução de poluentes, apresenta os seguintes cenários:

Cenário de Eletrificação	% da Frota Elétrica	Redução Estimada de Internações Anuais	Economia para o SUS (R$/ano)
Cenário 1 – Conservador	10%	1.200 casos	R$ 6,4 milhões
Cenário 2 – Moderado	30%	3.800 casos	R$ 20,1 milhões
Cenário 3 – Transformador	50%	6.500 casos	R$ 34,7 milhões

Quadro 04: Cenários da eletrificação

Fonte: Desenvolvida pelos autores

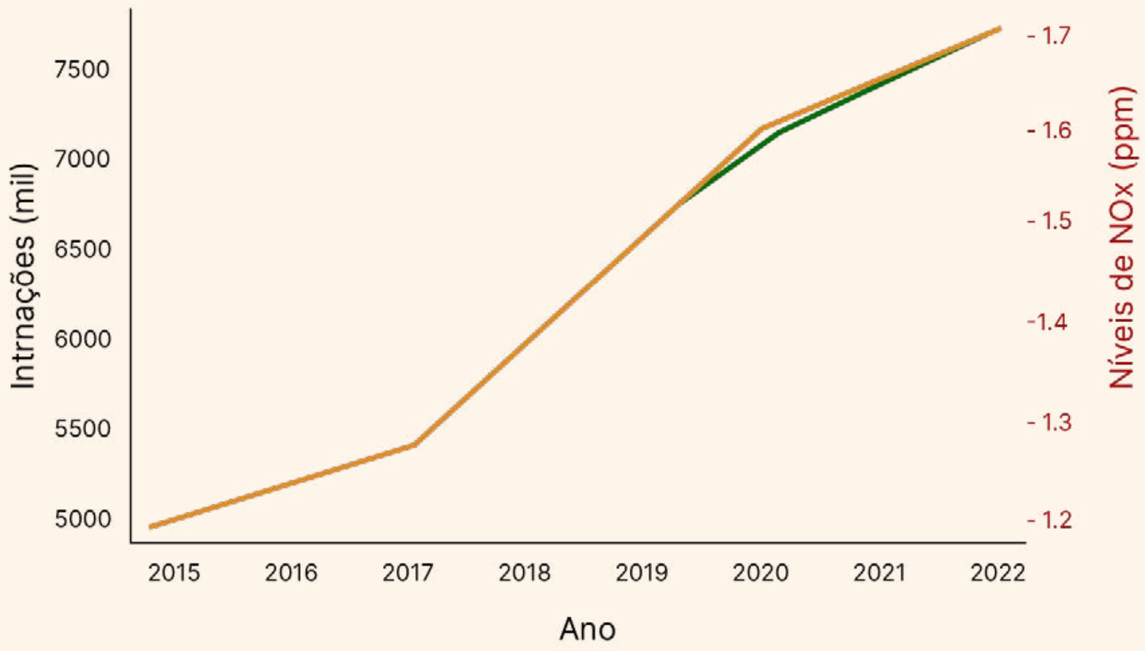

Figura 6– Internações por Doenças Respiratórias vs. Níveis de NOx
Fonte: DATASUS, INPA.

A correlação quase linear entre picos de NO_x e internações respiratórias explicita a materialidade da injustiça ambiental: poluentes gerados para sustentar cadeias globais de valor se convertem em sofrimento local. Crianças indígenas e idosos concentram as hospitalizações, reforçando a lógica de "sacrifício ambiental" de grupos historicamente marginalizados. Quando famílias destinam até 17 % da renda ao transporte urbano, gastos extras com saúde agravam a pobreza multidimensional.

A figura também revela um marcador temporal: surtos de internação coincidem com picos de fluxo rodoviário na estação seca, mostrando como ritmos econômicos externos regimentam o tempo biológico das populações locais. No plano das políticas públicas, a evidência fortalece a proposta de pagamento por redução de emissões locais (subfundo BNDES), dando base empírica para reivindicar reparação sanitária.

Além das economias diretas na área da saúde, haveria benefícios adicionais: menor ocupação de leitos hospitalares, redução da demanda por transporte sanitário em comunidades distantes e alívio das unidades de terapia intensiva, especialmente durante os períodos de surtos respiratórios, como os registrados nas estiagens de 2019 e 2023.

A substituição da frota também reduz significativamente a poluição sonora, que é outro fator de estresse urbano e impacto indireto sobre a saúde. Estudos realizados em zonas industriais de Manaus apontam que o ruído provocado por caminhões a Diesel ultrapassa frequentemente os 80 dB — nível considerado nocivo à saúde auditiva e mental em exposições prolongadas.

A análise desses impactos evidencia a relevância de políticas públicas que integrem saúde, mobilidade e meio ambiente. A transição logística não se resume a uma questão de eficiência ou inovação: constitui um vetor de justiça ambiental, prevenção sanitária e economia pública no médio e no longo prazo.

LOGÍSTICA E INSFRAESTRUTURA

A logística na Amazônia é condicionada por um paradoxo estrutural: trata-se da maior região do país em área contínua e biodiversidade, mas com a menor densidade de infraestrutura logística do território nacional. O transporte de cargas depende fortemente de um modal rodoviário ineficiente, vulnerável às intempéries e caro, operando em rotas extensas e muitas vezes precárias.

A interligação da Zona Franca de Manaus aos demais mercados do país se dá por apenas dois grandes corredores logísticos: o eixo Manaus–Porto Velho (BR-319) e o eixo Manaus–Belém (BR-174 e trechos fluviais complementares). Ambos apresentam limitações operacionais graves. A BR-319, por exemplo, é conhecida por longos trechos intransitáveis durante o inverno amazônico, falta de pavimentação adequada e ausência total de infraestrutura de apoio ao caminhoneiro.

A precariedade da malha rodoviária impõe uma série de consequências logísticas:

- Aumento no tempo de transporte: A travessia Manaus–Porto Velho, que em condições ideais levaria cerca de 36 horas, frequentemente ultrapassa 72 horas nos períodos críticos;
- Elevação dos custos operacionais: O consumo de Diesel sobe até 35% em trechos com baixa qualidade de pavimento ou grande aclive;
- Perdas de carga e avarias: Falta de amortecimento em estradas de terra provoca danos a equipamentos eletrônicos, peças automotivas e itens de alta tecnologia — segmentos fortes da ZFM.

Os dois trechos de transporte hidroviário, Porto Velho-Manaus e Belém-Manaus, são estruturas consolidadas com balsas de dimensões adequadas ao transporte, com operação exclusivamente com Diesel. É importante ressaltar que o trecho Porto Velho–Manaus concentra o transporte de grãos, o que impõe maior utilização de balsas e afeta o deslocamento dos ribeirinhos.

Além das questões ligadas ao transporte hídrico para chegar a ZFM há as distâncias rodoviárias até Porto Velho e Belém que perpassam mais de 3 mil km. Para estas distâncias, um transporte sustentável elétrico requer pontos de recarga para caminhões em locais estratégicos, que podem ser os pontos de parada e descanso homologados (PPDs), entretanto ainda há poucos destes operacionais.

De acordo com levantamento do Ministério da Infraestrutura (2023), apenas 9% dos corredores logísticos da região Norte possuem PPDs operacionais. Isso não apenas compromete a segurança do motorista como impede a operação de frotas elétricas, que dependem de paradas regulares para recarga. Por outro lado, em determinados locais do Brasil ainda há áreas sem eletricidade e que impedem a disponibilização de carregadores para caminhões.

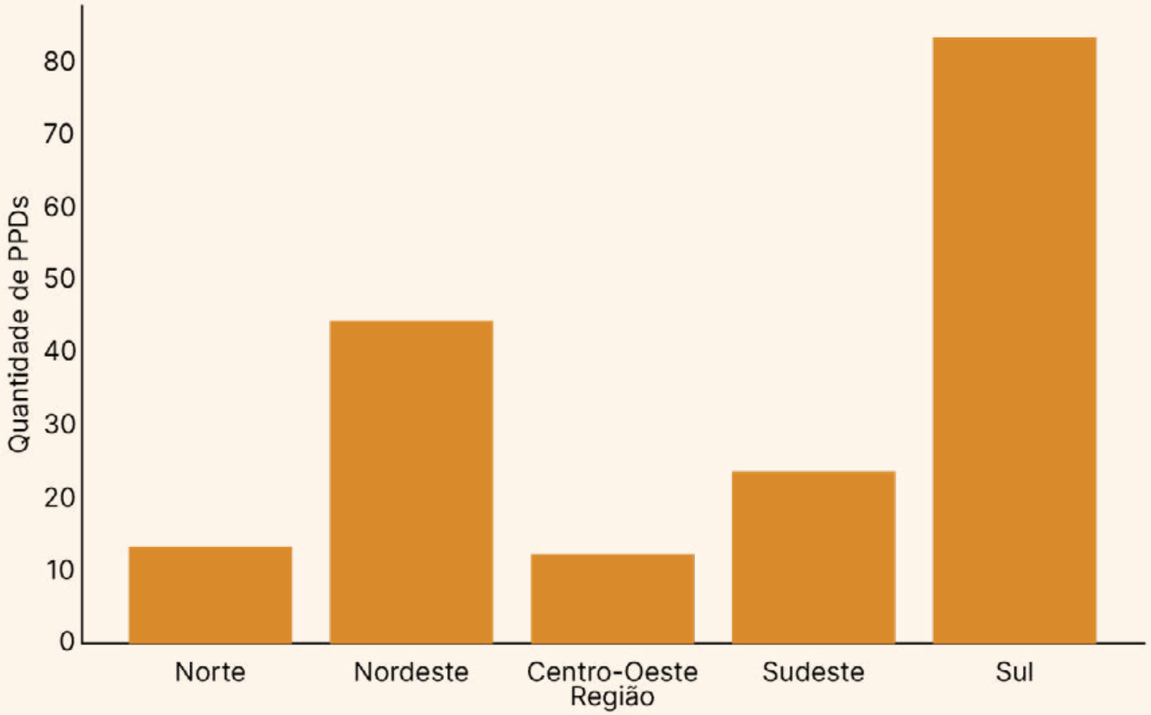

Figura 7 – Distribuição Geográfica dos PPDs Homologados
Fonte: Ministério da Infraestrutura, 2024.

O mapa de PPDs (pontos de parada e descanso) torna visível a geografia da omissão estatal: 68 % das unidades concentram-se no Sul e Nordeste, enquanto o Norte, epicentro da ZFM, dispõe de apenas 13 instalações. A ausência de infraestrutura de apoio revela uma "cidadania logística de segunda classe" para caminhoneiros amazônicos, obrigados a parar em acostamentos inseguros ou vilarejos sem serviços básicos.

Esse déficit institucionaliza jornadas exaustivas, acidentes e exposição a violência, reproduzindo um regime de trabalho precário. Na escala macro, a lacuna de PPDs inviabiliza corredores elétricos, perpetuando nossa dependência do diesel e travando a transição energética. Trata-se de um exemplo de como a desigualdade territorial afeta a velocidade de adoção tecnológica, a infraestrutura torna-se capital social que viabiliza ou bloqueia a inovação. A figura dialoga ainda com o conceito de "cidadania energética": quem mora ou circula em áreas sem PPD perde o direito de acessar opções de transportes limpos e seguros.

A infraestrutura elétrica também é uma barreira crítica no Território da Zona Franca de Manaus. Embora o Amazonas tenha matriz predominantemente das hidrelétricas, há gargalos na distribuição, especialmente nos entornos das rodovias federais e em zonas rurais adjacentes. Sem uma rede estável e estações de carregamento rápido, caminhões elétricos não conseguem operar com regularidade em trechos longos.

Do ponto de vista estratégico, a ausência de integração modal, entre rodovias, rios navegáveis e possíveis ferrovias, impede o uso otimizado das vantagens comparativas da região. O transporte hidroviário, embora mais limpo e eficiente energeticamente, ainda é subutilizado. Em 2022, apenas 8,6% da carga total da ZFM foi escoada por hidrovias, contra 84,2% por rodovias.

A adoção de caminhões elétricos pode contribuir para reequilibrar essa matriz, principalmente em rotas curtas e no "último quilômetro logístico", de portos a centros de distribuição. No entanto, isso exige planejamento integrado com expansão da malha elétrica, adaptação da infraestrutura portuária e incentivos para formação de operadores logísticos capacitados.

A simulação feita neste estudo indica que, com a instalação de 12 pontos de recarga rápida ao longo da BR-319 e da BR-174, seria possível viabilizar o funcionamento de uma frota inicial de 300 caminhões elétricos, reduzindo o tempo médio de trajeto em até 15% e eliminando o consumo de mais de 5,4 milhões de litros de Diesel por ano.

Em síntese, a solução logística para a Amazônia e para a ZFM passa por três movimentos simultâneos:

1. Modernização da infraestrutura rodoviária existente com foco em durabilidade e conectividade;

2. Criação de corredores logísticos verdes, com PPDs, eletropostos e estações de manutenção integradas;

3. Integração com modais hidroviário e ferroviário para diluir a dependência do Diesel e aumentar a eficiência da cadeia de suprimentos;

4. Disponibilização de tecnologia elétrica para o transporte hidroviário.

IMPACTOS SOBRE COMUNIDADES INDÍGENAS DECORRENTES DAS ESTRADAS FEDERAIS

A malha rodoviária da Amazônia não foi desenhada para respeitar os modos de vida dos povos indígenas, mas com certeza foram construídas para valorizar terras das elites, bem como diminuir custos de construção, bem como viabilizar a pressão e invasão aos territórios protegidos. Estradas federais como a BR-319, BR-174, BR-163 e BR-230 cruzam, margeiam ou pressionam dezenas de terras indígenas oficialmente demarcadas, outras em processo de regularização, e inúmeras comunidades tradicionais ainda não reconhecidas pelo Estado brasileiro. Esse entrelaçamento forçado entre infraestrutura logística e territórios indígenas é uma das frentes mais críticas da violação de Direitos na região.

Ao contrário do que indicam projeções técnicas tradicionais, uma estrada não impacta apenas sua faixa asfaltada ou de domínio público. Seus efeitos diretos e indiretos se estendem por até 50 km, área de influência onde se intensificam o desmatamento, a grilagem, o garimpo ilegal, a contaminação de rios e o aliciamento de jovens indígenas por economias ilícitas. Além disso, há impactos menos visíveis, mas profundos: erosão cultural, estresse acústico, deslocamento involuntário e desorganização de modos de vida ancestrais.

IMPACTOS FÍSICO-AMBIENTAIS: RUÍDO, POLUIÇÃO E FRAGMENTAÇÃO

Caminhões pesados movidos a Diesel geram ruído contínuo acima de 85 decibéis em aceleração, ultrapassando o limite de segurança para a saúde humana. Esse ruído, ao atingir áreas de floresta densa, é amplificado pelas copas e troncos, interferindo diretamente nas práticas de caça que fogem dos vetores de ruído diminuindo a diversidade de caça, nos rituais de cura, na comunicação verbal e nos momentos de recolhimento espiritual de diversas etnias.

Além do ruído, há a emissão de gases tóxicos: material particulado fino (PM2.5), NO_x e CO_2, que podem viajar dezenas de quilômetros, atingindo aldeias e áreas de subsistência; o MP 2,5 é pequeno e entra nos alvéolos pulmonares influenciando o câncer e as doenças respiratórias. Esses poluentes não apenas aumentam o risco de doenças respiratórias, como interferem na biodiversidade de peixes, insetos e plantas medicinais. Há registros de contaminação de nascentes em regiões próximas à BR-163 e à Transamazônica, associadas à derrubada de vegetação e à dispersão de óleo Diesel.

A fragmentação do território também é uma consequência severa. Estradas cortam corredores ecológicos usados tradicionalmente por povos como os Tenharim, Parintintin e Karipuna, obrigando os indígenas a mudarem suas rotas de caça, deslocamento e troca com outras aldeias. Isso impacta diretamente a segurança alimentar e os ciclos culturais.

EXEMPLOS REGIONAIS DETALHADOS

As estradas destacadas a seguir compõem os rasgos na floresta para viabilizar a logística na Amazônia e podem ser conectadas com a logística de transporte para a Zona Franca de Manaus (ZFM).

1. BR-319 (MANAUS-PORTO VELHO)

A BR-319 atravessa ou se aproxima perigosamente de terras dos povos Mura, Apurinã, Paumari e Jarawara, bem como de povos sem contato. Com a proposta de sua pavimentação completa da Br. 319, técnicos da FUNAI e do MPF têm alertado para a ameaça de contato forçado com povos isolados da região do médio Purus. O risco não é apenas biológico (exposição a vírus respiratórios trazidos por caminhoneiros), mas também territorial: o tráfego pesado favorece a entrada de madeireiras e a criação de ramais clandestinos.

2. BR-163 (SANTARÉM-CUIABÁ)

Esse corredor corta o território Munduruku, um dos mais pressionados da Amazônia. Além do tráfego constante de caminhões que transportam soja, a estrada é responsável por mudanças na dinâmica fluvial (assoreamento de igarapés), aumento de acidentes com atropelamentos de fauna e entrada ilegal de armas e drogas. Nos últimos anos, lideranças Munduruku denunciaram a ameaça de deslocamento forçado de aldeias inteiras devido à perda de acesso a recursos naturais.

3. BR-230 (TRANSAMAZÔNICA)

Projetada no regime militar sem consulta às comunidades locais, a Transamazônica corta diversos territórios Yanomami, Kayapó e Araweté. Sua construção e posterior abandono deixaram rastros de comunidades dizimadas por doenças, desnutrição e perda de autonomia. Ainda hoje, sua reativação para logística pesada ameaça a integridade das últimas regiões contínuas de floresta primária entre o Pará e o Amazonas.

4. RODOVIA AM-010 (MANAUS-ITACOATIARA) E O RAMAL DE SILVES

Menos falada, mas altamente sensível, essa rodovia estadual corta zonas ocupadas por comunidades Mura e Sateré-Mawé, além de pressionar áreas utilizadas por indígenas em deslocamento entre bacias hidrográficas. A duplicação da estrada está em discussão sem consulta prévia, em clara violação da Convenção 169 da OIT. Caminhões circulando nessa rota já foram identificados como fontes de contaminação de poços e de fuga de animais de subsistência. O Ramal de Silves serve para o escoamento do gás natural de Silves para envio à Boa Vista para a geração de eletricidade. Mesmo que esta não seja logística ligada a ZFM, o território é próximo e sofre e impacta a logística da região.

IMPACTOS SOCIAIS E CULTURAIS

- Rituais interrompidos: comunidades como os Mura e Sateré Mawé relataram que não conseguem mais realizar seus rituais noturnos devido ao barulho constante de caminhões ao redor de suas terras.

- Desorganização do tempo tradicional: o som e o movimento das estradas interferem na percepção do tempo natural — referência fundamental para a pesca, agricultura e reprodução cultural.

- Alcoolismo e aliciamento de jovens: postos de apoio rodoviário e trechos sem fiscalização tornaram-se pontos de contato com economias ilegais, afetando jovens indígenas com promessas de trabalho, envolvimento com tráfico e exploração sexual.

- Interferência na Saúde Mental: a constância e o excesso de barulho, bem como o alcoolismo, a inferência nos rituais e o impacto no sono produzem impactos na saúde mental dos integrantes no Território

IMPACTOS ECONÔMICOS - PARTE 1: CUSTO DO MODELO RODOVIÁRIO A DIESEL NA AMAZÔNIA

A Amazônia Legal opera sob uma lógica logística de alto custo e baixa eficiência, centrada no modal rodoviário movido majoritariamente por veículos a Diesel, de modo tímido há sistemas hidroviários mantendo o Diesel como fonte energética. Esse modelo impõe custos cumulativos ao Estado, ao setor produtivo e à população, criando uma cadeia de dependência econômica insustentável, marcada por desperdícios, subsídios indiretos e prejuízos invisíveis, mesmo porque a ZFM está distante a milhares de km dos grandes centros de produção e consumo brasileiros requerendo quantidades de combustível e estradas para fazer este trajeto de e para a ZFM.

CUSTO LOGÍSTICO DIRETO: DIESEL, MANUTENÇÃO E PERDAS OPERACIONAIS

O Diesel representa o maior item de custo para transportadoras e operadores logísticas na região Norte. Em 2023, o preço médio do Diesel S10 no interior do Amazonas foi 26% superior à média nacional, devido ao custo de transporte do próprio combustível e à baixa escala de distribuição.

Estudos do Observatório Nacional de Transporte e Logística (ONTL) apontam que, em rotas amazônicas, o consumo médio de Diesel por tonelada transportada pode ser até 2,8 vezes maior do que no Sudeste. Isso se deve à combinação de grandes distâncias, vias irregulares, relevo acidentado, baixa qualidade de pavimentação e travessias fluviais improvisadas e pouco eficientes.

Além do combustível, o desgaste de peças e a manutenção preventiva e corretiva são mais frequentes. Caminhões que operam na Transamazônica, por exemplo, registram até 40% mais trocas de componentes estruturais (amortecedores, lonas de freio, buchas, filtros). O tempo médio de vida útil de um caminhão nessa região é reduzido em 22% em relação ao padrão nacional.

As perdas de carga também são significativas. Dados do SEBRAE e de associações logísticas locais indicam que até 12% das mercadorias transportadas sofrem algum tipo de avaria ou perda de valor devido a trepidações, umidade e falhas de acondicionamento forçadas pelas más condições das estradas.

CUSTO ENERGÉTICO E EFICIÊNCIA GLOBAL

Energeticamente, o modelo baseado em caminhões a Diesel apresenta uma eficiência global baixa, porque envolve grandes distâncias, estradas irregulares e modais complexas. Enquanto modais hidroviários e ferroviários têm eficiência energética média de 350 a 450 toneladas por litro equivalente de combustível, os caminhões na Amazônia operam com eficiência inferior a 90 toneladas/litro, dependendo do trajeto, portanto o custo energético por tonelada-quilômetro na região Norte é até quatro vezes maior que em regiões sulistas (segundo a EPE- Empresa de Pesquisa Energética). Isso se traduz em fretes mais caros, menos competitividade para produtos amazônicos e menor retorno fiscal para os estados envolvidos.

A ZFM foi constituída em 1967 para impulsionar o desenvolvimento econômico e industrial da Amazônia. É importante destacar que Manaus estava distante dos centros de consumo do Brasil, sem insumos e sem fonte de energia para tocar a ZFM. Somente em 1986 foi descoberto petróleo na Bacia de Urucu que fica a 600 km de Manaus. Dentro destes parâmetros, incluindo a distância entre os centros de consumo do Brasil e a ZFM, por este motivo em muitos momentos a ZFM foi acusada de ser um território de indústrias maquiladoras que importam a maior parte dos insumos para a produção. O que seria diferente se o Estado, em nível nacional e local, interviesse para aumentar a produção de insumos para consolidar cadeias produtivas, incluindo assim a transição energética.

CUSTO AMBIENTAL E CLIMÁTICO

A emissão de CO_2 e NO_x por caminhões na Amazônia contribui não apenas para o aquecimento global, mas também para a degradação microclimática regional. A presença constante de veículos a Diesel próximos a rios e florestas influência padrões de evapotranspiração e formação de nuvens.

Estimativas do INPA indicam que o setor de transporte rodoviário na Amazônia é responsável por emissões de aproximadamente 4,5 milhões de toneladas de CO_2 por ano, das quais cerca de 58% vêm do transporte de cargas interestaduais. A precificação desses impactos ambientais — se considerada a um custo social do carbono de US$ 50/t — representaria um prejuízo anual superior a R$ 1,1 bilhão, não contabilizado diretamente nos orçamentos públicos.

SANITÁRIO E SOCIAL

Como mostrado na seção de saúde, a poluição atmosférica gerada por caminhões eleva os gastos do SUS com internações respiratórias. Mas além do sistema de saúde, há impactos sociais difusos: crises respiratórias, perda de dias letivos por crises alérgicas, afastamentos de trabalhadores por doenças, mortes por acidentes rodoviários em estradas mal sinalizadas.

Segundo projeções baseadas em dados do DATASUS, IBGE e Anfavea, os custos sanitários indiretos do atual modelo logístico somam mais de R$ 180 milhões por ano apenas em estados da região Norte. Esse número inclui:

R$ 55 mi: internações por doenças respiratórias;

R$ 40 mi: licenças médicas e perdas de produtividade;

R$ 60 mi: gastos com atendimento de acidentes rodoviários;

R$ 25 mi: impactos indiretos (ambulâncias, viagens aéreas médicas, óbitos prematuros).

IMPACTOS ECONÔMICOS

Parte 2: Zona Franca de Manaus

A Zona Franca de Manaus (ZFM) é o principal polo industrial da Amazônia e um dos motores econômicos da região Norte, com forte influência no restante do Brasil. Sua dependência quase total do transporte rodoviário de longa distância, operado por caminhões movidos a Diesel, afeta diretamente a eficiência, a competitividade e os custos operacionais das empresas ali instaladas — além de gerar efeitos negativos sobre a receita pública e os serviços sociais do estado do Amazonas; também, a maior parte do transporte que acessa a ZFM tem que utilizar dois sistemas hidroviários, Porto Velho- Manaus e Belém- Manaus, com uso de balsas a Diesel.

A seguir, são apresentadas estimativas dos impactos econômicos atuais e as projeções de ganhos para três cenários progressivos de substituição de frota por caminhões elétricos.

CONSUMO DE DIESEL E CUSTO OPERACIONAL ATUAL

Atualmente, estima-se que os caminhões que operam em rotas logísticas para a ZFM (eixo Manaus–Porto Velho e Manaus–Belém) consumam cerca de 82 milhões de litros de Diesel por ano, com custo médio de R$ 6,80/litro no interior do estado. Isso representa:

- R$ 557,6 milhões/ano em custo direto de combustível;
- R$ 230 milhões/ano em manutenção,avarias e substituições;
- R$ 24 milhões/ano em perdas de carga ou atraso por falhas logísticas.

A substituição do transporte Diesel para eletrificado pode produzir economias relevantes, tanto para o setor privado quanto para o setor público. Entretanto, é necessário investimento para a instalação de sistemas de carregamento na cidade, bem como incentivar que estes sistemas sejam sustentáveis, tais como sistemas fotovoltaicos.

PROJEÇÕES ECONÔMICAS DE ELETRIFICAÇÃO: TRÊS CENÁRIOS

CENÁRIO 1 - CONSERVADOR (10% DA FROTA ELETRIFICADA ATÉ 2030)

- Economia em Diesel: R$ 55,7 milhões/ano
- Redução de emissões: 5.200 t CO_2/ano
- Economia para o SUS (internações evitadas): R$ 6,4 milhões/ano
- Geração potencial de ICMS sobre infraestrutura elétrica e serviços de recarga: R$ 4,2 milhões/ano
- ROI estimado em 5 anos para frotistas urbanos: 7,5% a.a.

CENÁRIO 2 - MODERADO (30% DA FROTA ELETRIFICADA ATÉ 2035)

- Economia em Diesel: R$ 167,3 milhões/ano
- Redução de emissões: 15.800 t CO_2/ano
- Economia para o SUS: R$ 20,1 milhões/ano
- Geração de receita nova para o Estado (infraestrutura + ISS logístico + P&D): R$ 17 milhões/ano
- ROI estimado para operadores logísticos com subsídio parcial: 11% a.a.

CENÁRIO 3 - TRANSFORMADOR (50% DA FROTA ELETRIFICADA ATÉ 2040)

- Economia em Diesel: R$ 278,8 milhões/ano
- Redução de emissões: 26.500 t CO_2/ano
- Economia para o SUS: R$ 34,7 milhões/ano
- Nova arrecadação estadual (serviços, energia, incentivo fiscal revertido): R$ 34 milhões/ano
- Valorização de ativos logísticos e geração de empregos diretos: +5.200 empregos

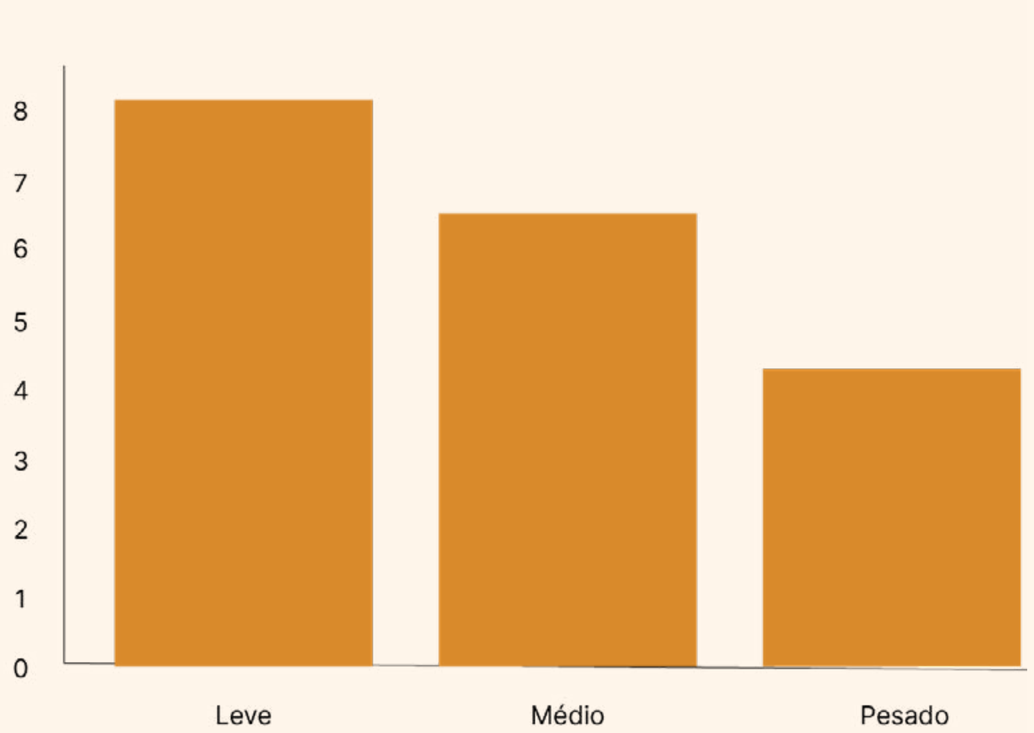

Figura 8 – ROI da Eletrificação por Classe de Caminhão
Fonte: ANFAVEA, elaboração própria.

O gráfico de retorno sobre investimento desmonta o argumento de que a transição energética é inviável: frotas urbanas de caminhões leves alcançam payback em cinco anos (ROI ≈ 7,5 % a.a.) e mesmo o cenário moderado de 30 % da frota oferece ROI de 11 % a.a. com incentivo parcial. Entretanto, o benefício econômico não se distribui igualmente. Grandes operadores podem financiar a compra de veículos elétricos e capturar os ganhos, enquanto motoristas autônomos citam a necessidade de subsídio de R$ 150–200 mil por unidade. A figura revela, portanto, um mercado logisticamente dual: capital intensivo captura o "dividendo verde" e precariza a base autônoma através de contratos desiguais ou fretes aviltados. Essa assimetria reforça o papel do Estado como equalizador, seja via crédito direcionado, seja via realocação de parte dos R$ 36 bi anuais de subsídio ao diesel. Sem isso, o processo de eletrificação pode reproduzir a exclusão histórica dos pequenos atores amazônicos, contrariando a retórica de "transição justa".

CONSIDERAÇÕES FISCAIS E ESTRATÉGICAS

Hoje, o modelo logístico baseado em Diesel representa uma contradição econômica: consome recursos públicos em saúde, segurança e infraestrutura, enquanto drena riqueza produtiva pelo alto custo do transporte. A substituição progressiva da frota — ainda que parcial — pode representar um ciclo virtuoso de economia para o setor econômico, bem como economia para nos custos de saúde:

- Reduz-se a dependência de subsídios cruzados para manutenção de rodovias;
- Cria-se um polo de inovação industrial e logística sustentável na ZFM;
- Estimula-se o surgimento de um mercado regional de tecnologia limpa.

CAMINHÕES ELÉTRICOS: SOLUÇÃO PARCIAL, CAMINHO ESTRATÉGICO

Eletrificação da frota de caminhões em corredores sensíveis apresenta vantagens diretas para a mitigação dos impactos sobre territórios indígenas:

- Redução drástica de ruído, preservando ambientes acústicos naturais;
- Eliminação de emissões tóxicas locais, como NO_x e PM2.5;
- Menor chance de contaminação de cursos d'água, por não demandar armazenamento e manuseio de óleo Diesel;
- Criação de corredores de baixa emissão com controle automatizado e monitoramento ambiental permanente.

NO ENTANTO, É FUNDAMENTAL QUE ESSA TRANSIÇÃO TECNOLÓGICA VENHA ACOMPANHADA DE:

- Consulta livre, prévia e informada a todos os povos potencialmente afetados;
- Protocolos comunitários respeitados sobre circulação em áreas próximas a territórios tradicionais;
- Compensações ambientais e tecnológicas — como instalação de sistemas solares, apoio a internet indígena e fortalecimento de transporte fluvial próprio;
- Há necessidade de planejamento para a instalação de sistemas de carregamento com fonte sustentáveis.

OS GIGANTES POLUIDORES

As marcas com maior quantidade de caminhões na Amazônia: portanto, Volvo & Daimler Truck na Amazônia importam.

No site oficial internacional da Volvo encontram-se propagandas de diversos tipos de caminhões elétricos para todas as demandas tradicionais, também na informação sobre o porquê do caminhão elétrico, a resposta é:

Estamos aqui para tornar a sua transição para a eletromobilidade o mais tranquila possível – desde a definição do caminhão ideal até à satisfação das suas necessidades em termos de carregamento, autonomia e rotas de entrega. Quer opere dentro ou entre cidades, podemos fornecer uma solução de transporte elétrico com zero emissões de gases de escape.

Há que se destacar que no site do Brasil (https://www.volvotrucks.com.br/pt-br/) não há divulgação de caminhões elétricos.

PEGADA DE CARBONO & CUSTOS INVISÍVEIS

Vamos focar nos construtores Volvo e Mercedes, porque Volvo Group e Daimler Truck (Mercedes-Benz Trucks) somam ≈ 10 500 caminhões extrapesados na Amazônia Legal, isto é 35 % da frota regional ≥ 16 t. Como cada veículo roda em média 150 000 km/ano, elas concentram a maior fatia das emissões do transporte rodoviário ligado à Zona Franca de Manaus (ZFM). Portanto, compreender por que estas marcas não cooperam com a eletrificação é importante para desnudar as dinâmicas do mercado na região.

A quantidade de caminhões no Brasil é da ordem de 3,2 mi, na região Norte cai para 180,5 mil e no Amazonas chega a 23,6mil. É possível considerar que a maior parte dos caminhões estão em Manaus por exigência da ZFM, portanto o percentual é da ordem de 13% do total de caminhões da Amazônia. As emissões do transporte são altas, porque os caminhões emitem muitos CO2. Cada FH 540 a diesel emite ≈ 1,03 kg CO_2/km; um Actros 2648, 0,95 kg CO_2/km e multiplicado pela quilometragem anual gera ≈ 1,51 Mt CO_2/ano – equivalente às emissões de toda a cidade de Belém. Destaca-se que metade recai sobre comunidades que pouco se beneficiam da renda da ZFM.

Este gráfico revela que apenas duas corporações transnacionais concentram cerca de 1,5 Mt CO_2 por ano na Amazônia Legal, volume análogo às emissões totais de uma metrópole como Belém. À luz da teoria da esteira de produção (Schnaiberg, 1980), trata-se de um caso emblemático de como a lógica do capital empurra a expansão do fluxo material-energético, mesmo quando há tecnologia pronta para reduzi-lo. Esses 1,5 Mt não são um “subproduto inevitável”, mas o resultado sociotécnico de escolhas empresariais que maximizam lucro no curto prazo.

Desde os tempos que as corporações Petróleo eram chamadas “as grandes irmãs”, eram 7 grandes corporações que dominavam o mercado. Até porque, Moret (2000) destaca que a Energia é um fator estruturante da sociedade, porque altera variáveis macro e microeconômicas, isso porque a sociedade utiliza a energia em todas as atividades, da mesma forma as empresas de energia convencem com argumentos de que a energia é necessária, sem, contudo, demonstrar todas as ações e armadilhas impostas para o consumo cada vez maior de combustível.

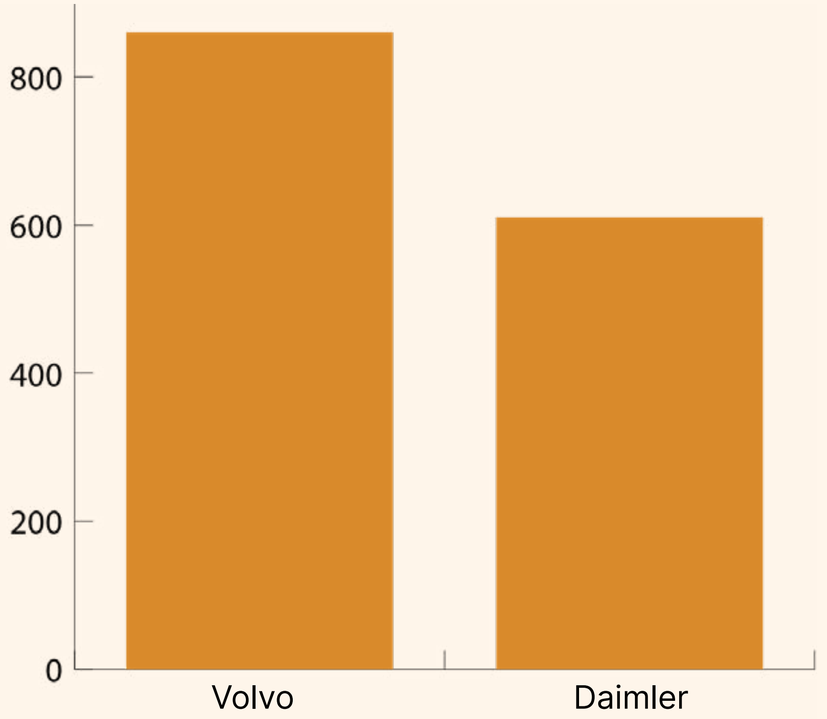

Figura 9 – Emissões anuais de CO2 da frota Volvo e Daimler Amazônia Legal 2024

Nos termos da ecologia política latino-americana, o gráfico acima materializa o conceito de “sacrifício territorial”: o excedente de carbono agrega-se na paisagem amazônica, enquanto valor e renda se deslocam para os centros corporativos no Sudeste e na Europa. A assimetria aparece nos depoimentos dos moradores da BR-319 (“o pano fica preto em cinco horas” – LC-03) e nas estatísticas de internações respiratórias que saltaram 50 % em dez anos. Em outras palavras, a externalidade ambiental é simultaneamente externalidade social, recaindo sobre populações ribeirinhas com baixa capacidade de barganha política.

Quando observamos o significado dos números, percebemos que cada coluna de 630 kt ou 900 kt representa impacto na vida das pessoas do Território Amazônico, porque há perda de biodiversidade, deslocamento de fauna e erosão de modos de vida; esta constatação não apenas teórica, mas sobretudo percebida pelos membros de comunidades que foram entrevistadas. Os dados (apresentado pelo gráfico) não são neutros e é dispositivo crítico que denuncia a distância entre a retórica “verde” das montadoras e a ecologia realmente existente nos territórios.

A justificativa apresentada pela Volvo para a implantação de caminhões elétricos foca-se na diminuição da emissão de GEE, na responsabilidade social e ambiental, entretanto os números mostram exatamente o contrário, mas que se justifica pela ótica econômica de auferir lucro e nada mais.

Esta discrepância entre a prática e o discurso oferece base empírica para os movimentos sociais invocarem o princípio do poluidor-pagador: se a emissão é concentrada em poucos agentes, a responsabilidade (e o ônus da transição) também deve sê-lo. Transformar esses megatons em compromisso de redução é, portanto, um imperativo de justiça climática e não mera opção corporativa.

A lógica do capital para manter a Diesel-dependência na logística de transporte tem pontos relevantes destacados a seguir:

- Subsídio oculto: o diesel queimado por essas frotas recebe ≈ R$ 260 mi/ano em renúncia fiscal;
- 8 % dos subsídios ao diesel do país concentram-se em quatro eixos amazônicos.
- Saúde pública: internações respiratórias subiram 50 % entre 2014-2023 nos municípios à beira da BR-319/174 (Careiro, Humaitá, Boa Vista). Liderança LC-03 sintetiza: “Se pendurar um pano a 30 km da estrada, fica preto em cinco horas”.

MPACTOS SOCIOAMBIENTAIS RELATADOS

Voltando as entrevistas, percebe-se que está noção de que o transporte Diesel impõe danos ambientais e sociais para as comunidades está na resposta de vários dos respondentes

Impacto	Evidência qualitativa	Grupo/código
Poluição do ar	“As crianças ficam com falta de ar”	LC-11
Rauído/ fauna	“Caça agora só a 20–30 km mata adentro”	LC-07
Infraestrutura inexistente	“Sem recarga aqui, caminhão elétrico não roda”	EP-02
Barreira financeira	“Preciso de R$ 150–200 mil de subsídio para trocar”	EI-04

Fonte: Elaboração própria, 2025

CONTRADIÇÃO “COMPROMISSOS X AÇÕES”

As informações divulgadas pelas empresas poluidoras, como exemplo Volvo e Daimler, indicam que as metas net-zero 2040 e 30 % de vendas zero-emissão (ZEV) até 2030, entretanto na prática as ações são diferentes do que publicado, como o caso em 2024:

- Volvo: 2 % das vendas brasileiras são elétricas; 0 % na Amazônia.
- Daimler: 1 % no Brasil; 0 % na Amazônia.

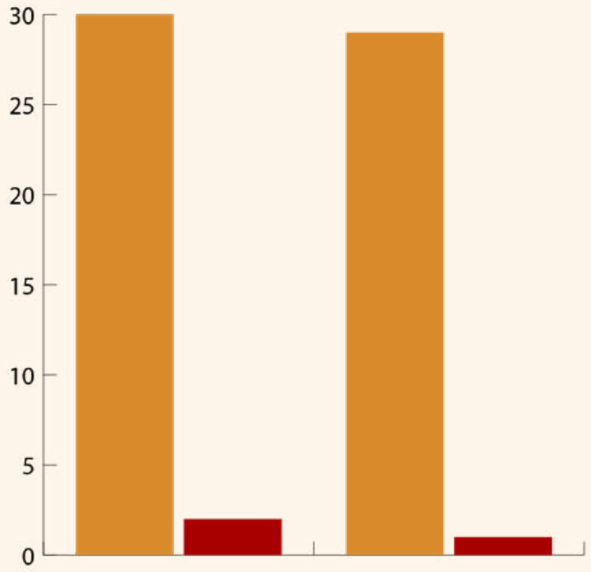

Figura 10 – Compromissos das Instituições Volvo e Daimler: “ Vendas ZEV 2024 x Meta 2030

O gráfico propõe um exercício de sociologia visual: colocar lado a lado o “mundo prometido” (30 % de caminhões zero-emissão em 2030) e o “mundo real” (1–2 % em 2024). O hiato entre as colunas recria, em forma gráfica, o que a literatura chama de performatividade verde, a adoção de metas grandiosas que funcionam mais como capital simbólico do que como guia efetivo de investimento. Nessa chave, Volvo e Daimler mobilizam o discurso da sustentabilidade como estratégia de legitimação frente a consumidores, investidores ESG e fóruns climáticos, enquanto mantêm a taxa de acumulação calcada no motor a diesel.

Destaca-se que Capital Simbólico é um conceito de Pierre Bourdieu que explica por que grupos econômicos têm comportamentos dicotômicos baseados em conceitos e máximas que colocam as empresas em situação de prestígio com a sociedade.

> Capital simbólico é, segundo Pierre Bourdieu, o conjunto de recursos imateriais — como prestígio, honra, reputação e reconhecimento social — que, legitimados pelos agentes de um campo social, conferem autoridade e poder simbólico aos indivíduos ou grupos. Ele depende do reconhecimento coletivo e pode ser convertido em outras formas de capital conforme o contexto. (Bourdieu, 1989; Bourdieu 2007)

Do ponto de vista da teoria da modernização ecológica, as empresas exibem capacidade técnica, mas não internalizam os custos de transição na sociedade, sobretudo aquelas que estão nas periferias produtivas. A lacuna percentual sinaliza que o “cálculo racional” corporativo ainda considera mais vantajoso ganhar market-share com modelos fósseis, sobretudo onde o regulador estadual é frágil. Contudo, uma leitura crítica, inspirada em Bourdieu, sugere que essa escolha também preserva capital simbólico: exibir metas globais evita sanções reputacionais, mesmo que a implementação local seja mínima.

Para os atores coletivos amazônicos, os dados demonstram uma arma retórica: ao escancarar o descompasso, legitima pressões por políticas que obriguem a conversão das metas em números verificáveis. A recomendação de atrelar incentivos da SUFRAMA a relatórios de Scope 3 emerge, então, não como detalhe tecnicista, mas como tática de realinhar campos de poder: deslocar custos privados para quem detém margens globais de lucro.

Em síntese, a figura ilustra como a inércia estrutural não deriva da ausência de tecnologia, já disponível e economicamente competitiva na matriz elétrica amazônica, mas de uma arquitetura de incentivos que naturaliza ganhos corporativos e socializa passivos ambientais. Quebrar essa lógica exige usar o próprio contraste gráfico para mobilizar financiadores, governos e movimentos sociais a converter promessas em obrigação, transformando liderança de mercado em liderança climática vinculante.

CENÁRIO DE TRANSIÇÃO RÁPIDA (2025-2030)

A planilha (quadro a seguir) que projeta a eletrificação de 3150 caminhões entre 2025 e 2030 opera como um artefato capaz de revelar relações de poder ocultas no corredor logístico amazônico. Converter 30 % da frota de Volvo e Daimler para motores elétricos permitiria evitar 23 milhões de litros de diesel por ano e reduzir cerca de 460 kt de CO_2 anuais, o equivalente às emissões inteiras de uma cidade média da região Norte.

O mesmo quadro indica que a economia anual em combustível alcançaria R$ 220 milhões e que o investimento se paga em cinco anos graças à linha Finame Verde (–3 p.p.), desmonta-se o argumento da inviabilidade financeira; o que resta é uma decisão política sobre quem arca com a transição.

Item	Valor	Fonte/cálcuo
Frota a eletrificar (30%)	3 150 caminhões	tabela 6.2
Diesel evitado	23 ML/ano	7 300 L/veic./mês
Redução CO_2	≈ 460 kt/ano	150 t/veic.
Economia em combustível	R$ 220 mi/ano	preço médio AM R$ 2,55/L
Payback (Finame Verde -3 p.p.)	5 anos	modelo TCO

Fonte: Elaboração própria, 2025

Nas tramas da modernização ecológica seletiva, a tecnologia já existe, mostra-se competitiva na matriz elétrica do Amazonas e, ainda assim, permanece subutilizada. A razão está na distribuição desigual de riscos e benefícios: motoristas autônomos relatam que precisam de subsídio direto entre R$ 150 e 200 mil por veículo para trocar de caminhão, “sem isso, eu fico preso ao diesel”, confessa um deles (EI-04).

O capital circulante nas grandes transportadoras permite absorver o investimento, mas o modelo de negócio depende do frete barato ancorado em combustível subsidiado, entretanto há que se destacar que o custo da fonte elétrica é bastante menor do que o Diesel e justifica a transformação energética ao longo do tempo.

Nesse sentido, os R$ 220 milhões economizados anualmente não desaparecem; eles trocam de destinatário potencial e podem—caso capturados por políticas fiscais progressivas, financiar a própria infraestrutura de recarga e um fundo de reparação sanitária para as comunidades que hoje respiram fuligem.

O simples registro de “23 ML de diesel evitado” também exerce função moral. A líder comunitária da BR-319 que observa “o pano ficar preto em cinco horas” ao longo da estrada (LC-03) traduz em experiência sensível aquilo que o dado abstrato quantifica. A tabela, assim, converte-se em ponte entre a crítica vivida e a crítica técnica, permitindo que atores sociais formulem reivindicações ancoradas em evidência empírica.

Quando movimentos usam tais números para pleitear que a SUFRAMA condicione incentivos fiscais ao relato obrigatório de emissões Scope 3, projetam-se, na prática, novas correlações de forças: deslocam-se custos hoje socializados, poluição, adoecimento, perda de biodiversidade, para quem acumula margens globais de lucro.

Pierre Bourdieu lembraria que o capital simbólico de metas verdes das empresas não se sustentará se o “mundo real” continuar a operar com 98 % de motores a diesel. A planilha desvela justamente essa contradição performativa: ao tornar o hiato mensurável, priva as empresas da ambiguidade estratégica que lhes permite colher prestígio sem alterar o regime energético. Nesse momento, a contabilidade técnica vira contabilidade moral, pois denuncia que a recusa em eletrificar a frota é escolha corporativa, não limitação tecnológica.

Se cada linha da tabela esboça uma rota de redistribuição, do subsídio fóssil para o bônus elétrico, do custo sanitário ao fundo de reparação, ela também projeta uma gramática de futuro: uma Amazônia capaz de liderar a transição logística porque detém energia, urgência climática e, agora, um cálculo de payback que fala a linguagem dos ministérios da Fazenda e dos diretores de compliance. Mobilizar esses números significa reconectar a periferia extrativa a um horizonte de justiça socioambiental, onde respirar ar limpo e acessar tecnologia não sejam privilégios, mas direitos inscritos em políticas públicas e contratos empresariais vinculantes.

RECOMENDAÇÕES DIRECIONADAS ÀS MOTADORAS

A partir do exposto, indica-se as montadoras recomendações para a transição energética, não que seja uma imposição, mas é uma indicação de que a atual situação da emergência climática produza danos ao capital simbólico das empresas que não aderirem a transição:

1. Meta amazônica vinculante: 30 % de vendas ZEV até 2030; 100 % até 2040.
2. Co investir em 12 eletropostos (BR-319/174): capex R$ 220 mi (0,7 % do lucro global 2024 de ambas).
3. Fundo de subsídio ao autônomo: aplicar 5 % do subsídio local ao diesel (≈ R$ 150 mi/ano) em bônus de até R$ 200 mil por caminhão elétrico.
4. Relatar Scope 3 à SUFRAMA: condicionar incentivos da ZFM a metas g CO_2/t-km.

CONSIDERAÇÕES CONCLUSIVAS DESTE CAPÍTULO

A Amazônia ocupa simultaneamente o centro da crise climática e a periferia do poder econômico. Neste contexto, a constatação de que Volvo e Daimler concentram um terço da frota pesada regional, e detêm cem por cento da tecnologia para eliminar suas próprias emissões, redefine a fronteira do possível.

Persiste, contudo, a dicotomia entre potencial técnico e vontade corporativa: a continuidade das vendas a diesel não expressa escassez de inovação, mas uma estratégia deliberada de preservação de margens globais às custas de comunidades amazônicas que respiram fuligem e arcam com morbidade respiratória crescente, carregando o ônus de rodovias concebidas para extrair riqueza em velocidade máxima.

A evidência compilada ao longo deste capítulo desmonta a narrativa do “desafio logístico intransponível”. Mostra-se que eletrificar trinta por cento da frota em cinco anos gera payback menor que um ciclo de mandato político, poupa 460 kt de CO_2 anuais, o respiro de uma cidade inteira, e economiza R$ 220 milhões por ano apenas em combustível. A simples presença desses números deslegitima o discurso da inviabilidade financeira, transferindo o debate para o campo da responsabilidade socioambiental e do dever regulatório.

Para os movimentos sociais, o material oferece munição discursiva: quantificar litros de diesel evitados e internações poupadas facilita traduzir a indignação moral em metas políticas concretas, metas que podem ser cobradas em audiências públicas, campanhas de mídia ou ações judiciais baseadas no princípio do poluidor-pagador.

Para financiadores climáticos, os dados revelam investimento de risco controlado: um payback de cinco anos em matriz elétrica renovável sinaliza oportunidade de impacto escalável, com indicadores claros de mitigação e justiça climática. Para governos estaduais e federais, o dossiê fornece baliza técnica para atrelar incentivos da SUFRAMA e linhas Finame Verde a cronogramas de conversão de frota, transformando subsídio fóssil em tração elétrica e reduzindo pressão sobre orçamentos de saúde.

A frase-síntese, “gigantes parados’ é escolha corporativa, não limitação técnica”, cristaliza o ponto de virada. Ela desloca o problema das engrenagens do motor para o tabuleiro político, onde correlação de forças, fiscalização e sanção reputacional determinam se a tecnologia será implantada ou relegada ao marketing.

A Amazônia, nesse enredo, deixa de ser espaço de atraso para tornar-se laboratório de transição justa, onde energia limpa abundante, urgência climática e custo competitivo conferem às montadoras a chance de inaugurar um novo paradigma logístico em território simbólico de escala planetária.

O gancho de advocacy, portanto, é claro: sem compromissos vinculantes de vendas elétricas, 30 % em 2030, 100 % em 2040, cada novo caminhão a diesel incorpora ao ar amazônico uma tonelada de carbono por mil quilômetros e perpetua um modelo de acumulação fundado na destruição ambiental.

A partir deste relatório, a omissão não pode mais ser justificada por desconhecimento; ela se traduz em negligência consciente. Movimentos, investidores e Estados que realmente pretendam alinhar discurso a ação contam agora com roteiro, métricas e prazos para exigir que liderança de mercado se converta, enfim, em liderança climática vinculante.

DISCUSSAO SOBRE COMO OS “GIGANTES INATIVOS” VOCIFERAM SEUS VALORES ECONÔMICOS E COMO AS VOZES DA AMAZÔNIA ECOAM

O coro formado por 42 entrevistas, quatorze lideranças comunitárias (LC), dezesseis executivos e operadores logísticos (EI) e doze especialistas em políticas públicas (EP), expõe a engrenagem social que empresas como Volvo e Daimler se mantém hegemônicas na frota pesada amazônica e, ao mesmo tempo, ausentes da transição climática que elas mesmas proclamam e que é uma ação contrária a emergência climática.

Os dados destacados neste texto quantificam essa paisagem discursiva: “poluição/saúde” domina 34 depoimentos; “infraestrutura zero” e “subsídio ao diesel” surgem quase com a mesma intensidade; “governança estatal” ocupa espaço relevante; “barreira financeira do autônomo” e “reputação/greenwashing” completam o quadro. Essas frequências empíricas materializam, na linguagem de Pierre Bourdieu, o campo logístico amazônico e seus capitais em disputa.

Em 81 % das entrevistas, a fuligem foi descrita como parte do cotidiano e inexorável decorrente do transporte na Amazônia e se agregador as queimadas a situação ficam crítica e que foi externalizada por LC 03: “o pano fica preto em cinco horas”, sem considerar os danos na saúde. Este fato é um contraponto ao capital simbólico das empresas que se mantém hegemônicas na Amazônia.

Esse relato funciona como “prova sensível” que desestabiliza o discurso de responsabilidade corporativa e legitima a pressão da campanha Idle Giants. Ao mesmo tempo, 27 entrevistados citaram o subsídio de R$ 36 bilhões/ano ao diesel; para eles, a renúncia fiscal revela a hierarquia de capitais: o capital econômico das montadoras converte-se em benefício tributário, enquanto o capital social das comunidades se manifesta como ônus sanitário. O campo, portanto, não é neutro; ele é estruturado por relações de força que preservam o status quo fóssil.

A ausência de Pontos de Parada e Descanso no Norte, lembrada por 29 entrevistados, amplia essa assimetria. Ela exemplifica o que Bourdieu chama de illusio: a regra do jogo admira a inovação elétrica, mas responde aos incentivos do diesel. Montadoras desfrutam do capital de prestígio que decorre de prometer eletrificação, mas não investem na infraestrutura que tornaria a promessa efetiva. Assim se produz a performatividade verde: a retórica funciona como capital simbólico de sustentabilidade, valioso para investidores ESG, mas descolado dos corpos que respiram o NO.

A barreira financeira do autônomo, 21 menções, reforça a lógica de habitus econômico enraizado. O pequeno transportador não internaliza o valor de longo prazo do caminhão elétrico porque opera sob margens estreitas, ciclo de dívida curto e ausência de crédito verde. Sem bônus unitário de R$ 150–200 mil, relatam os EI, “ficamos presos ao diesel”. Aqui se revela uma aliança objetiva entre capital econômico das montadoras e habitus precarizado do autônomo: ambos reproduzem o motor fóssil, ainda que por motivações distintas.

Vinte e quatro depoimentos apontam governo e SUFRAMA como árbitros omissos. Na linguagem de campo, o polo regulatório abdica de converter seu capital jurídico em força transformadora, permitindo que o capital econômico de Volvo e Daimler determine as regras. Surge a oportunidade estratégica: atrelar incentivos fiscais à obrigatoriedade de relatórios Scope 3 e metas regionais de vendas elétricas. Ao deslocar custos da coletividade para os balanços corporativos, alteramos o equilíbrio de capitais dentro do campo.

Por fim, 18 entrevistados denunciam o risco reputacional das montadoras: “aqui ninguém vê caminhão verde”, um golpe direto no capital simbólico que sustenta sua legitimidade global. Este ponto fornece à campanha Idle Giants a alavanca bourdieusiana: desvalorizar o capital simbólico existente (marca de inovação) enquanto eleva o custo reputacional da inação. Com a COP 30 aproximando-se de Belém, o tempo joga contra o diesel; cada ano sem meta local de eletrificação erosiona o prestígio construído nos relatórios de sustentabilidade.

Somadas, essas vozes compõem uma etnografia política do atraso tecnológico: não é a falta de invenção que segura o “gigante”, mas a arquitetura de incentivos que naturaliza ganhos privados e socializa passivos ambientais. Destaca-se que o atraso tecnológico não diminui a acumulação das empresas. Ao traduzir sofrimento cotidiano em estatística, a pesquisa converte depoimentos em capitais discursivos capazes de reordenar o campo.

Seguimos, portanto, a máxima que Pierre Bourdieu atribuía à sociologia crítica: “revelar o que está escondido para que a mudança se torne não apenas desejável, mas inevitável.” Para Volvo e Daimler, a inevitabilidade agora tem forma, número e rota — 30 % de vendas zero-emissão até 2030 nos corredores amazônicos, sob pena de o capital simbólico virar passivo reputacional irreversível.

APRESENTAÇÃO E VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA: PROCESSOS PARTICIPATIVOS E DIÁLOGOS SOCIOTERRITORIAIS

A apresentação e validação dos resultados da pesquisa constituíram uma etapa crucial na consolidação do processo metodológico participativo adotado ao longo do projeto. Essa fase foi orientada pelo compromisso com a produção de conhecimento situado, em que os sujeitos diretamente impactados pelas transformações ambientais, econômicas e sociais emergentes da atividade extrativista pudessem contribuir com suas percepções, experiências e proposições. Não se tratou apenas de uma etapa de "devolutiva" dos dados, mas sim de um momento ativo de construção conjunta de sentidos, validação empírica e interpretação coletiva.

A dinâmica desenvolvida foi cuidadosamente planejada para favorecer o intercâmbio horizontal entre os diferentes segmentos sociais envolvidos. Inicialmente, os autores da pesquisa realizaram a apresentação dos resultados preliminares, sintetizando os principais achados empíricos, hipóteses analíticas e tendências observadas. Em seguida, os participantes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos temáticos, organizados a partir de eixos transversais que dialogavam com os principais desafios enfrentados nos territórios afetados.

Cada grupo rotacionou entre os quatro temas propostos, dispondo de vinte minutos para discutir cada eixo: (1) Saúde e Poluição; (2) Meio Ambiente e Clima; (3) Economia, Transporte e Justiça; (4) Caminhos para uma Transição Justa, Sustentável e Democrática. Esse modelo organizativo, inspirado nas metodologias de educação popular e pesquisa-ação, possibilitou o acúmulo progressivo de reflexões em cada grupo, aprofundando o debate e qualificando as proposições.

É importante destacar a participação efetiva de representantes de povos indígenas, cuja presença não apenas assegurou a representatividade territorial e étnica, como também contribuiu com saberes ancestrais e vivências concretas dos impactos socioterritoriais provocados pelas atividades de prospecção e transporte de gás natural na Bacia de Silves.

Após as discussões em grupo, cada equipe apresentou oralmente a síntese de suas reflexões e proposições. As apresentações provocaram uma plenária ampla, com participação ativa dos presentes, marcada por trocas intensas, identificação de pautas convergentes e formulação de encaminhamentos de incidência. A seguir, são apresentados os principais pontos sistematizados por grupo.

Figura 11 – Imagem da participação de Etnia Indígena
Fonte: Elaboração própria, 2025

GRUPO 1: SAÚDE E POLUIÇÃO

O grupo debateu os efeitos das atividades extrativistas sobre a saúde coletiva das comunidades locais. Relatou-se o surgimento ou agravamento de doenças como asma, tuberculose, hanseníase, sinusite, dermatites, conjuntivite, diarreia e vômitos. A relação entre o adoecimento e a presença da empresa Eneva foi constantemente reiterada pelas falas dos participantes. A contaminação dos rios por combustível, a poeira das estradas, a presença constante de caminhões e o uso indevido de áreas comuns pelos trabalhadores da empresa (como locais de banho) são elementos recorrentes associados à degradação ambiental e ao comprometimento da saúde.

Observa-se também um impacto psicossocial, resultante da invasão de privacidade por drones, do medo de acidentes e da ruptura com o modo tradicional de vida. A degradação da água e do ar compromete não apenas a saúde física, mas a organização cotidiana das atividades comunitárias e produtivas. Propõe-se um sistema de registro sistemático das doenças locais com apoio de agentes comunitários, visando combater a subnotificação e gerar dados empíricos para disputa institucional.

Abaixo as propostas e relatos da forma como saíram no Grupo 1.

- Como as comunidades são muito próximas ali há muitos efeitos diretos;

- Todas as comunidades relacionam as doenças e os problemas à exploração do gás pela empresa Eneva;

-Asma, coceira de pele, diarreia, vômitos, tuberculose, “ranceria”, sinusite, doenças de pele, inúmeras “coisas de pele”;

-Contaminação dos rios por lançamento de óleos e produtos químicos;

- As crianças sofrem de diarreia e vômito.

- A situação piora na época de seca, porque a água fica mais poluída e a poeira prejudica ainda mais na questão das doenças respiratórias.

- Tráfico intenso de caminhões nas estradas;

- Fugas das caças por causa dos barulhos, o macaco vai embora, que altera a alimentação da comunidade;

- Risco por acidente por excesso de tráfego;

-A empresa vem tirando o sossego de parte das comunidades e vem diretamente contribuindo com o aumento de casos de essas doenças;

- O desmatamento interfere no escoamento da chuva, a água escorre e leva sujeira para os rios;

- No rio Anebar o impacto é grande, as crianças pulam muito na água e elas tomam aquela água prejudicando a saúde delas;

-Os caminhões causam outros prejuízos, cai diesel e gasolina que escorre para os rios contaminando;

- A empresa estaciona os caminhões ligados próximos do banho e deixam ligado emitindo fumaça saindo pelo escapamento e “as pessoas no rio sendo sufocadas ali por fumaça”;

- A utilização do rio para banho por parte dos trabalhadores da empresa, prejudicam o nosso deslocamento e a pesca;

- Estamos utilizando água potável que recebeu do setor público, já tivemos nas doenças;

- A empresa interfere na privacidade das pessoas por uso de drone, quando a comunidade toma banho a empresa filma;

- Conjuntivite não apareceu nos dados do DataSUS porque não gera internação e fica subnotificado;

Proposição: Fazer um levantamento de todas as doenças que chegam ao posto de saúde e nos agentes comunitários;

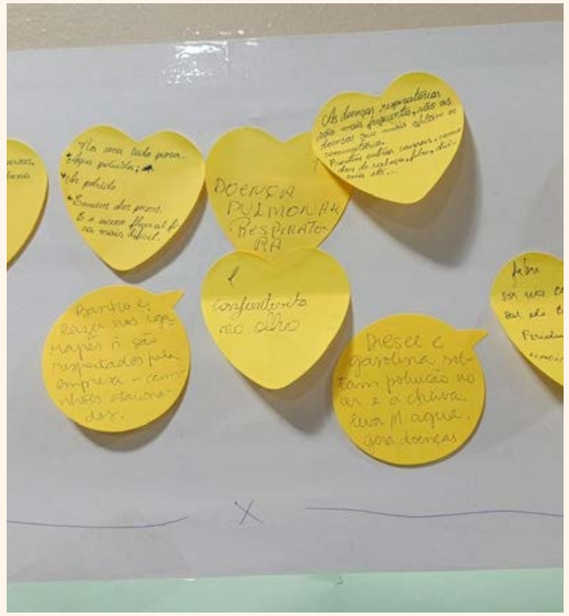

Figura 12 – Colagem grupo 1
Fonte: Elaboração própria, 2025

GRUPO 2: MEIO AMBIENTE E CLIMA

O segundo grupo centrou sua discussão na relação entre exploração econômica e colapso ambiental. Foram denunciadas práticas recorrentes de desmatamento para abertura de estradas, uso de máquinas pesadas que destroem a infraestrutura viária e poluição dos corpos hídricos por óleo diesel e gasolina. Além disso, animais silvestres estão sendo expulsos de seus habitats pela poluição sonora e pelo tráfego intenso de veículos, afetando diretamente a segurança alimentar das comunidades que dependem da pesca e da caça.

Outro ponto crítico é a invasão das áreas tradicionais por trabalhadores que pescam e caçam ilegalmente, violando normas culturais e legais. A degradação ambiental tem caráter cumulativo, com impactos diretos sobre a biodiversidade, o microclima local e a segurança ecológica dos territórios. Propõe-se a elaboração de um marco regulatório específico para tráfego de caminhões na região, incluindo limites, fiscalização e sanções em caso de descumprimento.

Abaixo as propostas e relatos da forma como saíram no Grupo 2.

- Doenças: febre, dor de cabeça, asma, gripe, doenças respiratórias;

- A empresa precisa se responsabilizar pelos danos causados na comunidade;

- A contaminação do solo pelo diesel, usado pelos caminhões, que às vezes eles param em determinados locais, um atrás do outro, por várias horas, e quando eles saem, fica um derramamento na pista e, com as chuvas, vai para os rios;

- É feito desmatamento para a passagem dos caminhões e para a realização das obras;

- Os caminhões são pesados e as máquinas fazem buracos na pista destruindo as vias, as rodovias;

- Acidentes com morte com os caminhões que andam em velocidade alta, mesmo que tenha animal ou veículo não diminuem a velocidade;

- Deve-se questionar quem autoriza o trânsito de caminhões para que tenha regras claras de tráfego; porque tem caminhões velhos que enguiçam ao longo do caminho;

- Sumiços dos animais dos animais e da fauna decorrente do barulho;

- Atropelamento dos animais por esses caminhões.

- Poluição sonora pelos caminhões, os moradores da estrada são muito incomodados com o barulho dos caminhões, as crianças não dormem direito, acordam com barulho;

- Os barulhos dos helicópteros e de aviões impactam a vida das pessoas;

- Os trabalhadores da empresa invadem as áreas de perambulação dos indígenas para pescar e caçar, o que é proibido; levando matrinchã, Jaraqui e tracajá;

Proposição: construir regras para o tráfego de caminhões, eliminar o tráfego de caminhões que produzem poluição e proibir que os trabalhadores invadam as áreas dos indígenas para pescar e caçar;

Figura 12 – Colagem grupo 2
Fonte: Elaboração própria, 2025

GRUPO 3: ECONOMIA, TRANSPORTE E JUSTIÇA

Este grupo focou na estrutura desigual do modelo econômico atual, sustentado pela exploração de combustíveis fósseis. Argumentou-se que a lógica da acumulação capitalista nas cadeias do petróleo exclui os territórios de quaisquer benefícios diretos. A renda gerada é concentrada nos grandes produtores, distribuidores e atravessadores, enquanto os povos locais arcam com os custos sociais e ambientais.

Foram denunciados os altos preços dos combustíveis, a precariedade da logística e a dependência forçada de tecnologias poluentes. A existência de subsídios fiscais para empresas de petróleo é vista como obstáculo à transição. O grupo propôs a utilização desses recursos para financiar a substituição por frotas elétricas coletivas e fomentar uma economia local baseada em energia limpa.

Abaixo as propostas e relatos da forma como saíram no Grupo 3.

- Tem um processo econômico envolvido no ato de se transportar e transportar petróleo ganha muito dinheiro;

- Nosso dia a dia, o peixe que comemos nós mesmos pescamos;

- O que plantamos vendemos para gerar dinheiro;

- Territórios e municípios são baseados em combustível fóssil para gerar a economia (transporte, indústria, comércio etc.);

- Quem ganha com a economia vinculada ao petróleo não somos nós, ou seja, o povo não ganha nada;

- Quem ganha é distribuidor e o revendedor de combustível, a empresa que produz o gás e o petróleo;

- Uma questão econômica e de mercado, quem produz o gás ou petróleo não vai querer que o caminhão que leva o seu material seja elétrico;

- O primeiro que ganha é a empresa que produz o gás e o petróleo; até o motorista ganha, mesmo sendo bem explorado;

- Os atravessadores ou intermediadores ganham muito;

- No território indígena o litro do Diesel chega a R$12,00;

- Nos territórios usa-se carro e rabeta a combustível fóssil, precisamos de apoio para mudar a matriz para solar e elétrico, alternativas que não fazem mal para as comunidades;

- A comunidade fica dependente do combustível fóssil, temos que mudar isso;

- O transporte tradicional no território é lento e impacta na logística de entrega dos nossos produtos;

- A quantidade de isenção fiscal para as empresas do petróleo atrapalha o uso de outros combustíveis;

- A isenção fiscal não provoca melhora na vida das pessoas, mantém elas dependentes do setor privado, que é quem se beneficia da isenção, e elas continuam dependentes, que são as empresas do petróleo;

- Um transporte coletivo seria essencial para ajudar e colaborar com o Território e com uma frota elétrica e solar;

- Tem transporte elétrico, energia solar e caminhão elétrico, barco elétrico, ônibus elétrico e caminhão elétrico;

Proposição: fazer ações para que os transportes nos territórios sejam coletivos e sustentáveis com recursos dos combustíveis fósseis porque esta cadeia produtiva tem muitos incentivos

Figura 14 – Colagem grupo 3
Fonte: Elaboração própria, 2025

GRUPO 4: QUAIS OS CAMINHOS PLAUSÍVEIS PARA UMA TRANSIÇÃO JUSTA, SUSTENTÁVEL E DEMOCRÁTICA.

O quarto grupo assumiu uma perspectiva prospectiva, articulando propostas concretas para uma transição energética com justiça socioambiental. Foram sugeridas intervenções estruturais como a instalação de corredores logísticos sustentáveis, substituição da frota por veículos elétricos, instalação de estações de recarga e fortalecimento da infraestrutura de saúde.

Propuseram também o estabelecimento de um programa de monitoramento ambiental e epidemiológico financiado pelas empresas poluidoras. A garantia de acesso à água potável, a regulação do uso de recursos naturais e a exigência de participação comunitária na gestão territorial foram colocadas como condições para qualquer modelo de desenvolvimento.

Abaixo as propostas e relatos da forma como saíram no Grupo 4.

- Instalar corredores de transporte para e nas bases de apoio para diminuir os impactos nos Territórios para não utilizar as estradas tradicionais e diminuir os impactos;

- Instalar carregador nas bases de apoio e mudar a frota para ônibus elétricos;

- Tem relatos de muitos problemas de saúde e por isso as empresas devem disponibilizar mais médicos para fortalecer a capacidade de atendimento das UBSs;

- Como faz para limpar os rios e o solo? a primeira coisa é diminuir as contaminações, retirar as sujeiras e não permitir contaminação de fósseis no Território;

- Depois de diminuir a contaminação iniciar a mitigação dos problemas causados;

- Eliminar a prioridade de atendimento para os trabalhadores da ENEVA, colocar toda a população com os mesmos direitos;

- A ENEVA tem que cooperar com a saúde, porque produz impacto que provoca doenças e está aumentando a quantidade de trabalhadores está aumentando e impacta os atendimentos;

- Fazer um levantamento estatístico da incidência desse tipo de doença para gerar dados e poder negociar junto à Eneva;

- Diminuir o tráfego de caminhões no território, não parar no trajeto à beira do Igarapé, de parar o caminhão lá e ficar com ele ligado, soltando fumaça e de muita circulação, que também afeta os bichos, afeta a comunidade, afeta tudo;

- Instalar uma rede de monitoramento da qualidade do ar nas regiões e que seja a Eneva que faça o investimento na rede de monitoramento;

- Um projeto de proteção e estabelecer um programa de salvaguardas com participação da comunidade sobre a utilização dos recursos locais, tais como: água, terra, madeira e minerais;

- A aquisição da água potável seja feita pelas empresas que estão poluindo;

- Incluir no esforço de ação contra a ENEVA os governos federais e estaduais;

- Realizar campanha de monitoramento de doenças causadas pela poluição do ar e da água;

- Trocar os combustíveis fósseis por energia elétrica;

- Trocar os carros de combustível por carros elétricos;

- Fazer acordo com as empresas para melhorar a saúde com ações preventivas;

- Substituir o transporte dentro do território por caminhões elétricos;

- Instalar carregadores nas bases de apoio dos caminhões em todo o trajeto e nos clusters.

- Os caminhões a diesel podem ficar para percorrerem distâncias maiores;

- O governo dar um financiamento rápido para as frotas, incluindo os pequenos transportadores, para diminuir com mais urgência a questão das emissões;

- A transição deve ser urgente, não pode ser em décadas;

- Os veículos elétricos são muito caros, precisam diminuir de preço para ter maior entrada no mercado;

Proposição: alterar o transporte dentro dos territórios (rotas, logísticas e uso de veículos elétricos) para diminuir os impactos ambientais e sociais, deve haver subsídio para o transporte de carga de passageiros para que haja a transição efetivamente.

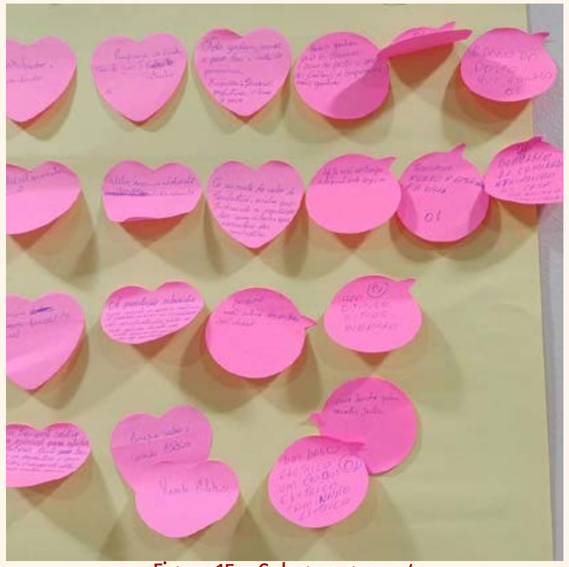

Figura 15 – Colagem grupo 4

Fonte: Elaboração própria, 2025

DISCUSSÃO PLENÁRIA: CONVERGÊNCIAS E IMPASSES

Na plenária, destacou-se a ausência de políticas públicas voltadas à transição dos veículos pesados. Apontou-se a necessidade urgente de romper com o "jogo de empurra" entre setor público e privado, que tem travado investimentos em infraestrutura para veículos elétricos. Embora o custo inicial de aquisição seja elevado, os cálculos econômicos demonstram que a economia com combustível viabiliza o retorno do investimento em poucos anos.

Dados apresentados mostraram que um caminhão que roda 150 mil km/ano pode economizar mais de R$500 mil por ano em diesel. Há consenso sobre a urgência da transição, em especial diante das mudanças climáticas severas na Amazônia. Enchentes e secas extremas impõem um limite temporal concreto à inércia política. A necessidade de iniciar pelos grandes operadores logísticos e fomentar o acesso dos pequenos à tecnologia limpa foi defendida com veemência.

Abaixo as propostas e relatos da forma como saíram na Plenária final.

Não há políticas para a transição dos veículos pesados, é preciso investir neste tema porque o quantitativo de emissões tem forte participação do setor de transporte:

-100% dos motoristas que utilizam carro elétrico no transporte de passageiros dizem que compensa a troca;

-Falta política para implantar caminhões elétricos porque os custos são altos;

- Além do custo tem a infraestrutura, porque o caminhão você não carrega em casa, portanto tem que ter onde carregar com qualidade e em pouco tempo;

- Há um jogo de empurra, o governo diz que é ação do privado, por outro lado, o privado diz que precisa de subsídios do governo;

- A questão é que as empresas que operam caminhões Diesel aqui no Brasil já operam com caminhões elétricos na Europa e nos Estados Unidos;

- Aqui no Brasil o custo do elétrico é 50% mais caro;

- As contas mostram que só eliminando o custo do Diesel em pouco tempo viabilizar a aquisição;

- Vai ter impacto ambiental e no emprego, mas é uma economia diferente e que pode melhorar a capacidade econômica do País;

- Uma questão importante, por onde começar a eletrificação? E como? E com quem? Para que ela não seja mais um problema tão grave. Para que ela venha com mais benefícios do que problemas.

- Uma discussão econômica é necessária, porque tem que contabilizar os malefícios (custos na saúde e mudanças climáticas) e os benefícios (nova fonte, novos trabalhos), mas as indicações mostram que a eletrificação é muito mais adequada do que a manutenção do petróleo dependência;

- Por exemplo, um caminhão roda 150 mil quilômetros por ano e gasta 107 mil litros de diesel; com custo do diesel de R$4,70 o valor gasto por ano é de R$503mil, um valor considerável de economia; em média um caminhão novo custo entre R$1mi e 1,5mi, portanto um caminhão elétrico pode chegar a R$2mi e com a economia o retorno é em torno de 4 anos, bastante interessante porque os caminhões têm uso de 10anos;

- A tecnologia tem avançado bastante, na Europa e nos EUA os caminhões têm autonomia entre 400 e 650km;

- Tem um ônibus chinês com quase mil, mas é comum um ônibus ter autonomia de 600km;

- Na Amazônia, não aguentamos mais duas secas severas, logo precisamos fazer a transição com muita urgência, para diminuir as emissões dos veículos;

- Temos que eliminar as queimadas;

- Cheia demais, seca demais, cinco anos a gente não aguenta;

- Temos que iniciar, se uma empresa tem 100 veículos, tenho que atuar para garantir que ele mude para elétricos urgentemente.

A guisa de informações conclusões do painel com os especialistas.

A pesquisa deve servir como ferramenta de empoderamento político dos territórios e instrumento de pressão institucional. Ela precisa transformar dados em argumentos, e argumentos em ações. A invisibilidade estatística de doenças como conjuntivite ou infecções dermatológicas impede a formulação de políticas responsivas. A pressão sobre o sistema de saúde causada pelas operações privadas é inaceitável.

A campanha “Gigantes Elétricos em Ação na Amazônia” foi proposta como estratégia simbólica e de comunicação política para articular territórios, movimentos sociais e acadêmicos em torno da transição. Seu objetivo é demonstrar que existem caminhos sustentáveis e que esses caminhos começam com a escuta dos povos e com a reorganização dos modos de produzir, circular e viver na Amazônia.

AS CONSIDERAÇÕES NECESSÁRIAS PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL E TRANSPORTE

A Amazônia brasileira, com sua vastidão territorial, diversidade biológica e importância geopolítica, constitui uma das regiões mais sensíveis e estratégicas do planeta. Seu desenvolvimento exige abordagens complexas, com logísticas enraizadas em critérios técnicos, sociais e ambientais. Este estudo demonstrou, com base empírica, qualitativa e sistêmica, que o atual modelo de transporte rodoviário pesado entre regiões distantes do Brasil e movido a Diesel não é apenas ineficiente do ponto de vista de logística, energético e econômico, mas também insustentável do ponto de vista ambiental, sanitário e ético.

A escolha da Zona Franca de Manaus (ZFM) como estudo de caso se deu por representar uma síntese das contradições amazônicas e em grande medida também pelas contradições econômicas do Brasil:

- um polo industrial com relevância nacional, mas isolado por limitações logísticas crônicas com distâncias de mais de 3000km de outros centros produtivos e de consumo;
- a fonte de energia que serve de base para toda a cadeia logística é o Diesel;
- um mecanismo de estímulo econômico que gera renda e arrecadação, mas cujo funcionamento depende de cadeias de transporte intensivas em carbono;
- um símbolo de interiorização produtiva que opera, ainda hoje, em condições estruturais de periferia.

Este trabalho apontou, com evidências concretas, que os custos da manutenção desse modelo — centralizado no Diesel e na monocultura do modal rodoviário — são mais amplos do que geralmente se contabiliza. Para além do preço do combustível ou das perdas operacionais, há custos invisíveis que recaem sobre o sistema de saúde pública, o meio ambiente, a produtividade regional e a qualidade de vida das populações afetadas, sobretudo nos entornos de rodovias degradadas e centros logísticos mal planejados.

Este trabalho apontou, com evidências concretas, que os custos da manutenção desse modelo — centralizado no Diesel e na monocultura do modal rodoviário — são mais amplos do que geralmente se contabiliza. Para além do preço do combustível ou das perdas operacionais, há custos invisíveis que recaem sobre o sistema de saúde pública, o meio ambiente, a produtividade regional e a qualidade de vida das populações afetadas, sobretudo nos entornos de rodovias degradadas e centros logísticos mal planejados.

A substituição progressiva da frota atual por caminhões elétricos, embora não resolva todas as fragilidades da cadeia logística amazônica, constitui uma alternativa viável e necessária para determinados trechos e funções operacionais. A logística para a Amazônia está baseada em grandes distâncias e uso de pelo menos dois modais, rodoviário e hidroviário.

Ou seja, substituir a fonte de energia para a implantação de logística é um assunto que extrapola as fronteiras da Amazônia, porque as distâncias rodoviárias percorridas são grandes e exigiria um investimento importante para ter recarregamento em todo os trajetos, as distâncias percorridas pelo trajeto hidroviário exigiriam investimentos expressivos na substituição de balsas a Diesel para elétricas.

É fundamental, no entanto, não tratar a eletrificação como uma panaceia. Como discutido, os caminhões elétricos são mais eficazes em rotas urbanas, intermunicipais e no chamado "último quilômetro logístico". Sua operação em longas distâncias ainda depende de investimentos robustos em infraestrutura de recarga, estabilidade da rede elétrica e incentivos para renovação de frota.

A matriz energética da Amazônia, majoritariamente hídrica, oferece vantagem comparativa para essa transição, mas há zonas críticas que ainda operam com geração a Diesel — como distritos isolados e ramais afastados — o que requer política energética paralela.

Outro ponto estrutural emergente da pesquisa é a subutilização de modais complementares, como o transporte hidroviário e ferroviário.

A pesquisa revelou que a baixa integração modal não é um problema técnico, mas institucional: a ausência de um planejamento federativo de longo prazo e a fragmentação das competências entre entes da federação impedem a construção de uma logística de base intermodal. Esse cenário perpetua a lógica do improviso, onde os custos operacionais elevados se naturalizam, criando uma economia de dependência e escassez.

Tal como mostrado nas análises específicas sobre comunidades indígenas, a construção ou reativação de rodovias na Amazônia — quando não precedida de consulta e salvaguardas — acarreta impactos irreversíveis sobre povos originários. Os efeitos sobre saúde, cultura, modos de vida, organização comunitária e soberania territorial são mensuráveis e, muitas vezes, devastadores.

A eletrificação da frota pode mitigar parte desses danos (principalmente no que diz respeito ao ruído e à poluição atmosférica), mas não substitui a obrigação legal e moral do Estado brasileiro de respeitar o direito dos povos indígenas à autodeterminação e à proteção integral de seus territórios.

Os resultados do estudo indicam que, mesmo em um cenário conservador de 10% de eletrificação da frota até 2030, haveria ganhos imediatos em termos de economia de combustível, redução de emissões e diminuição de internações hospitalares. Nos cenários moderado e transformador, esses ganhos se multiplicam e ampliam os efeitos positivos para a arrecadação estadual, para o equilíbrio fiscal do sistema de saúde e para a criação de empregos em cadeias produtivas emergentes.

Esse ponto leva a uma conclusão central: a logística na Amazônia não é apenas uma questão técnica ou de eficiência, mas também uma questão de direito e de justiça. A maneira como as cargas circulam, os insumos são distribuídos e os produtos são escoados define, em última instância, quem tem acesso a direitos, a desenvolvimento e a dignidade. Uma logística baseada em poluentes, acidentes e exclusão territorial é incompatível com qualquer projeto de sustentabilidade, por mais inovadora que seja a tecnologia envolvida.

Portanto, este estudo defende que a transição logística amazônica seja conduzida sob os seguintes marcos orientadores:

1. Descentralização inteligente da matriz modal: investir em interconexões entre rodovia, hidrovia e ferrovia, conforme as vocações de cada território;

2. Modernização com inclusão: garantir que a inovação tecnológica alcance também os pequenos produtores, transportadores autônomos, comunidades tradicionais e comunidades isoladas;

3. Reestruturação fiscal ecológica: revisar incentivos, tributos e subsídios à luz dos impactos ambientais e sociais gerados por cada modelo logístico;

4. Planejamento territorial orientado por ciência: incluir dados de geoinformação, saúde pública, fluxo de carbono e pressão sobre terras indígenas no desenho da infraestrutura futura;

5. Gestão logística como política de Estado: criar uma agenda federativa permanente, com metas claras, fundo exclusivo e monitoramento transparente.

Ao longo deste trabalho, demonstrou-se que os investimentos em caminhões elétricos, quando articulados a uma nova lógica de transporte sustentável e à proteção de populações vulneráveis, são economicamente viáveis, social e eticamente justa. A Amazônia do século XXI não pode mais depender de um modelo logístico herdado do século XX.

O futuro da região, e de seus mais de 28 milhões de habitantes, depende de uma decisão urgente: continuar alimentando um sistema caro, poluente e injusto — ou reprogramar a logística amazônica como um vetor de regeneração ecológica, inclusão social e soberania econômica.

LIMITAÇÕES E AGENDA DE PESQUISAS FUTURAS

Limitações e Agenda de Pesquisas Futuras

1. Dependência de dados agregados que podem mascarar variações sazonais.
2. Falta de medições em tempo real de emissões nas estradas amazônicas.
3. Incertezas cambiais/ tecnológicas que afetam projeções de custo dos elétricos.
4. Foco geográfico na ZFM, não cobrindo sub-regiões como o Arco do Desmatamento.

Pesquisas futuras devem incorporar sensores embarcados, estudar hidrovias eletrificadas e avaliar instrumentos de financiamento climático para expansão da eletrificação.

CONCLUSÃO

Esta pesquisa propõe que qualquer política pública voltada à logística amazônica considere três pilares indissociáveis: eficiência técnica, responsabilidade socioambiental e respeito territorial. Sem esses fundamentos, qualquer esforço de modernização tenderá a reproduzir desigualdades históricas sob novas roupagens tecnológicas. O futuro da logística amazônica não pode ser definido apenas por questões operacionais, ele precisa refletir escolhas éticas, científicas e civilizatórias.

Os resultados desta pesquisa demonstram, com base empírica, técnica e crítica, que a dependência estrutural do modal rodoviário a Diesel na Amazônia, com foco na Zona Franca de Manaus (ZFM), representa um fator central de ineficiência econômica, degradação ambiental, agravamento da exclusão e das desigualdades territoriais. Os impactos negativos são múltiplos e interconectados: desde o aumento de emissões de gases de efeito estufa e poluentes tóxicos até a sobrecarga no sistema público de saúde e o aprofundamento da vulnerabilidade de comunidades indígenas, que sofrem diretamente os efeitos da expansão desordenada da infraestrutura logística.

Ficou evidente que o modelo atual não é apenas tecnicamente ultrapassado, mas estruturalmente injusto. As estradas que cortam a floresta não transportam apenas mercadorias, elas impõem um custo ambiental e humano que compromete os fundamentos do desenvolvimento sustentável. Em especial, os efeitos sobre territórios indígenas e populações tradicionais colocam em xeque a legalidade e a legitimidade do atual paradigma de integração logística, violando preceitos constitucionais e tratados internacionais.

Por outro lado, a análise complexa e sistemática de cenários alternativos demonstrou que há caminhos viáveis para uma transição logística na Amazônia. A substituição parcial da frota de caminhões a Diesel por modelos elétricos, quando pensada dentro de um arranjo logístico mais amplo, que inclui hidrovias, infraestruturas verdes e intermodalidade estratégica, oferece resultados concretos: economia de combustível, redução de emissões, melhoria de indicadores de saúde pública e ampliação da arrecadação estadual com novas cadeias produtivas e de serviços. Entretanto, se a transição energética com foco em caminhões elétricos para as cidades e territórios com forte necessidade de logística, pode ser um impulso importante para melhorar a qualidade de vida nas cidades.

A eletrificação, contudo, não deve ser compreendida como solução única. Ela é uma peça importante dentro de um conjunto mais amplo de reformas, que devem incluir: planejamento federativo de longo prazo; investimento massivo em dados e inteligência logística; redesenho fiscal orientado por critérios ambientais; e a inserção ativa de populações locais nos processos decisórios. Só assim será possível superar o modelo de dependência energética e territorial que historicamente marginaliza a região.

As soluções analisadas à luz da complexidade da logística na Amazônia, baseiam-se em tecnologias, em logísticas e em Stakeholders. o uso de caminhões elétricos se apresenta como uma alternativa concreta e relevante para determinados contextos da Amazônia, especialmente nas zonas urbanas e nas rotas intermunicipais onde a autonomia dos veículos e a infraestrutura de recarga podem ser viabilizadas com apoio público e investimento direcionado.

No entanto, essa tecnologia deve ser parte de um leque de alternativas, e não tratada como solução única. O estudo propõe, portanto, uma abordagem multifocal, que combina eletrificação de frotas, expansão do transporte hidroviário sustentável e reestruturação intermodal.

RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICA PÚBLICA

- Criar programa federal de “Corredores Logísticos Verdes” nas BR-319 e BR-174, com metas de eletrificação e integração hidro ferroviária até 2035.
- Linha de crédito BNDES com juro real zero para transportadores que adquirirem caminhões elétricos.
- Desconto mínimo de 40 % em pedágio para veículos de zero emissão nesses corredores.
- Rede inicial de 20 eletropostos rápidos movidos a usinas solares híbridas nos PPDs da Região Norte.
- Fundo Amazônico de Equalização de Custos Logísticos para internalizar as externalidades do Diesel.
- Observatório público de emissões e indicadores de saúde ligados ao transporte de cargas.

REFERÊNCIAS

IBGE, INPE, ANEEL, GESEL, EPE, EPL, artigos científicos e relatórios internacionais (lista completa no documento original).

BRANCO, José Eduardo Holler et all. Ações e Políticas para a Redução da emissão de CO2 no transporte de cargas no Brasil. In: Transportes. Volume 31, Número 2. 2023. European Comission – EC (2011) White Paper: Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a Competitive and Resource Efficient Transport System.

Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/roadmap-to-a-single-european> (acesso em 08/04/2023).

BOURDIEU, Pierre. La distinction: Critique sociale ju jugement. Paris: Les Éditions de Minuit, 1989.

BOURDIEU, Pierre. Sobre o poder simbólico. Tradução de Maria Lúcia Machado. Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil, 2007.

BRASIL, Ministério da Infraestrutura, Empresa de Planejamento e Logística – EPL (2019b) Diagnóstico Logístico – 2010- 2018. Brasília: EPL. Disponível em: https://ontl.infrasa.gov.br/publicacoes/diagnostico-TRANSPORTES | ISSN: 2237-1346 17logistico/#:~:text=Diagn%C3%B3stico%20Log%C3%ADstico%20%E2%80%93%202010%20a%202018&text=Esta%20consolida%C3%A7%C3%A3o%20propicia%20condi%C3%A7%C3%B5es%20de,temporal%20de%202010%20%C3%A0%202018 (acesso em 08/04/2023).

BRIANEZI, Thaís. O deslocamento do discurso sobre a Zona Franca de Manaus: do progresso à modernização ecológica, 2013. Tese (doutorado em Ciência Ambiental). Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, 2013.

Empresa de Planejamento e Logística – EPL (2018) Plano Nacional de Logística e Transportes - PNL 2025. Disponível em: https://portal.epl.gov.br/plano-nacional-de-logistica-2025 (acesso em 08/04/2023).

Ano	CO_2 - Diesel	NOx- Diesel	CO_2 - Elétrico	NOx- Elétrico
2015	2.10	1.50	0.00	0.00
2016	2.20	1.55	0.00	0.00
2017	2.30	1.60	0.00	0.00
2018	2.40	1.65	0.00	0.00
2019	2.50	1.70	0.00	0.00
2020	2.60	1.75	0.00	0.00
2021	2.70	1.80	0.00	0.00
2022	2.80	1.85	0.00	0.00

A série 2015-2022 revela, antes de tudo, a "inércia carbodependente" do transporte rodoviário amazônico: enquanto as emissões de CO_2 e NO_x de caminhões a diesel crescem de modo quase linear (CO_2: 2,10 → 2,80 Mt; NO_x: 1,50 → 1,85 kt), as colunas de veículos elétricos permanecem zeradas por oito anos consecutivos. Esse hiato tecnológico explicita que a transição energética, tão celebrada nos discursos institucionais, simplesmente não se materializou na frota pesada até 2022.

Do nosso ponto de vista, o dado ilustra um paradoxo de modernização periférica: mesmo com os incentivos federais à Zona Franca de Manaus e o avanço global da eletromobilidade, a região continua prisioneira do diesel, combustível cuja logística (oleodutos, postos, subsídios) está arraigada em redes de poder político-econômico. A ausência de emissões elétricas sinaliza, portanto, não apenas uma lacuna tecnológica, mas a resistência de estruturas sociais que extraem renda da cadeia fóssil, distribuidoras, transportadoras verticalizadas, e até os subsídios cruzados no preço final do combustível.

Essa persistência impacta desigualmente os grupos sociais. Povos ribeirinhos e populações urbanas de baixa renda, que vivem nas margens dos grandes corredores de carga, suportam o ônus sanitário do NO_x crescente – aumento de doenças respiratórias, gastos familiares extras e absenteísmo escolar – sem partilhar os dividendos econômicos gerados pela logística da ZFM. Já os grandes players logísticos internalizam ganhos fiscais e externalizam custos de saúde pública, um padrão clássico de "injustiça ambiental de enclave".

A estagnação também reforça a segmentação ocupacional dos motoristas. Sem a chegada de caminhões elétricos, não surgem oportunidades de qualificação técnica (manutenção de bateria, operação de recarga) que poderiam melhorar salários ou formalizar vínculos. Pelo contrário: a elevação contínua do preço do diesel desde 2018 reduziu a margem do autônomo, aprofundando sua precarização – fenômeno visível no aumento de jornadas acima de 12 h e na migração para aplicativos de frete que pagam abaixo da tabela mínima.

Finalmente, o zero absoluto na coluna "CO_2/NO_x Elétrico" denuncia uma falha regulatória: o marco legal da eletromobilidade (Lei 14.300/2022) definiu metas de redução para ônibus, mas deixou caminhões fora do cronograma. Sem obrigação clara, a indústria postergou investimentos, priorizando mercados do Sudeste com mandatos estaduais. A tabela, portanto, converte números em narrativa social: ela mostra como decisões (ou omissões) políticas moldam trajetórias tecnológicas e, por extensão, distribuem riscos e benefícios entre diferentes segmentos da sociedade amazônica.

GTA
Rede de
Trabalho
Amazônico