

Transição energética e descarbonização da frota de transporte no Brasil: desafios tecnológicos e o papel estratégico das contratações públicas

Fernando de Lima Caneppele - USP

Professor Associado III na Universidade de São Paulo (USP), Campus de Pirassununga, Pesquisador do CCD-FAPESP/CISTEM (Centro de Ciência para o Desenvolvimento - Centro de Inovação e Soluções para Transição Energética em Municípios) na Escola Politécnica da USP, Pesquisador do GEPEA/Poli/USP, Pesquisador Associado do GESEL/UFRJ e foi Pesquisador em Ano Sabático do Instituto de Estudos Avançados (IEA/USP) no período de 2024-2025.

Lilian Regina Gabriel Moreira Pires - Mackenzie

Advogada. Doutora e mestre em Direito do Estado pela PUC/SP. Professora de direito administrativo da Faculdade de Direito da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Com experiência em licitações, contratos, modelagens de concessões e PPPs, e direito público em geral. Coordenadora do Observatório de Contratações Públicas-OCP.BRA.

RESUMO

A transição energética no setor de transportes configura-se como um imperativo para o cumprimento das metas climáticas globais e nacionais estabelecidas no Acordo de Paris. Sendo o transporte responsável por parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, a descarbonização da frota exige uma abordagem multifacetada que integre eletrificação, biocombustíveis avançados e vetores emergentes como o hidrogênio verde. Este artigo, derivado das discussões da *Jornada em Contratações Públicas no Brasil (EGC/TCMSP)*, analisa o estado da arte dessas tecnologias e o papel indutor do Estado. Argumenta-se que as compras públicas e as concessões, sob a égide da Nova Lei de Licitações (Lei nº 14.133/2021) e do Programa MOVER, são instrumentos fundamentais para viabilizar economicamente a adoção de tecnologias limpas. A análise conclui com recomendações propositivas, enfatizando a necessidade de regionalização das soluções energéticas e a modernização dos marcos regulatórios para promover uma infraestrutura urbana sustentável.

Palavras-chave: Transição Energética. Descarbonização. Compras Públicas Sustentáveis. Mobilidade Urbana. Biocombustíveis.

1 INTRODUÇÃO: A URGÊNCIA DA TRANSIÇÃO E O CONTEXTO BRASILEIRO

A crise climática global impõe aos gestores públicos e ao setor privado a necessidade urgente de mitigar as emissões de gases de efeito estufa (GEE). O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023) alerta que a janela de oportunidade para limitar o aquecimento global a 1,5°C está se fechando rapidamente, exigindo transformações profundas em todos os setores da economia.

No Brasil, o perfil de emissões difere das grandes economias globais devido à predominância de fontes renováveis na geração elétrica. Contudo, o setor de transportes permanece como um gargalo crítico. Segundo o SEEG 2024, o transporte responde por mais de 50% das emissões do setor de energia e cerca de 10% das emissões totais do país, o que torna a descarbonização da mobilidade um gargalo crítico da transição energética brasileira.

Diferentemente de países europeus que apostam quase exclusivamente na eletrificação, o Brasil possui vantagens comparativas que permitem uma abordagem híbrida e resiliente. Como apontam Goldemberg e Lucon (2022), a “bioeletricidade” e a vasta experiência nacional com biocombustíveis conferem ao país uma posição singular na geopolítica da energia. O desafio central, portanto, não é a escassez de rotas tecnológicas, mas a coordenação de políticas públicas capazes de integrar eletrificação, biometano e hidrogênio de forma eficiente.

Neste cenário, o poder de compra do Estado atua como catalisador. Estudos do IPEA estimam que as compras públicas no Brasil mobilizam algo em torno de 10–12% do PIB, patamar comparável ao de países da OCDE (IPEA, 2022), possuem o potencial de criar escala para tecnologias emergentes, reduzindo riscos para a iniciativa privada e acelerando a curva de aprendizado tecnológico.

2 POLÍTICAS ESTRUTURANTES E O CENÁRIO REGULATÓRIO

A governança da transição energética brasileira tem sido aprimorada por marcos legais recentes que oferecem segurança jurídica aos investidores.

2.1 O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO DE LONGO PRAZO (PNE 2050)

O Plano Nacional de Energia 2050 estabelece a diretriz de que a eficiência energética deve ser o “primeiro combustível” da transição. O PNE 2050 projeta aumento contínuo da participação de renováveis no transporte, com papel crescente dos biocombustíveis e da eletrificação (EPE, 2020). Para atingir tal meta, o planejamento estatal prevê uma diversificação da matriz, evitando o “lock-in” tecnológico em soluções fósseis que poderão se tornar ativos encalhados (*stranded assets*) nas próximas décadas.

2.2 O PROGRAMA MOVER E A NOVA INDÚSTRIA

O Programa Mobilidade Verde e Inovação (MOVER), instituído pela Lei nº 14.902/2024, representa a evolução do antigo Rota 2030. O programa inova ao introduzir a métrica de emissões “do poço à roda” (*well-to-wheel*), que considera a pegada de carbono desde a produção do combustível até o escapamento (Brasil, 2024). Segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2024), o MOVER é essencial para alinhar a indústria

automotiva nacional às tendências globais, incentivando investimentos em P&D para eletrificação e propulsão híbrida a biocombustíveis.

3 ROTAS TECNOLÓGICAS: ANÁLISE COMPARATIVA

A transição energética no transporte brasileiro não é um jogo de soma zero, mas um ecossistema de soluções complementares.

3.1 ELETRIFICAÇÃO DA FROTA URBANA E TRANSPORTE COLETIVO

A eletrificação é a rota mais eficiente para o transporte urbano de passageiros, devido à alta eficiência dos motores elétricos (acima de 90%) comparada aos motores térmicos. A Agência Internacional de Energia destaca que a eletrificação dos ônibus urbanos é crucial para a redução de poluentes locais, como material particulado e óxidos de nitrogênio (IEA, 2024).

A cidade de São Paulo, através da SPTrans, consolidou-se como um laboratório vivo dessa tecnologia, superando a marca de 1.000 ônibus elétricos em operação em 2025 (SPTRANS, 2025). Além do benefício ambiental, estudos de Custo Total de Propriedade (TCO) indicam que, apesar do alto custo de capital (CAPEX), o menor custo operacional (OPEX) torna a eletrificação competitiva no longo prazo, desde que existam mecanismos de financiamento adequados (BNDES, 2023).

3.2 BIOCOMBUSTÍVEIS AVANÇADOS: A FORÇA DA BIOECONOMIA

O Brasil não pode prescindir de sua vocação agrícola. O conceito de biorrefinarias permite a produção de combustíveis avançados com baixa pegada de carbono.

- **Diesel Verde (HVO):** Testes recentes, como o Projeto BeVant, demonstram reduções de emissões de CO₂ superiores a 60% em veículos pesados, sem necessidade de alteração nos motores (BE8, 2024).
- **Biometano e Resíduos Sólidos Urbanos (RSU):** A gestão de resíduos é um desafio sanitário que pode ser solucionado via energia. A Associação Brasileira do Biogás (ABIOGÁS, 2024) estima um potencial de produção de biometano capaz de substituir 70% do consumo nacional de diesel. O caso de Presidente Prudente (SP), onde o biogás de aterro abastece frotas, exemplifica a economia circular na prática, alinhando-se aos ODS 7 (Energia Limpa) e 11 (Cidades Sustentáveis) da ONU.

3.3 HIDROGÊNIO VERDE (H2V): A FRONTEIRA TECNOLÓGICA

Para o transporte de carga pesada de longa distância e setores *hard-to-abate*, o hidrogênio verde desponta como solução definitiva. A Agência Internacional de Energias Renováveis aponta o Brasil como um dos países com menor custo potencial de produção de H₂V do mundo, devido à alta disponibilidade de energia eólica e solar (IRENA, 2023). Projetos pilotos nos portos do Nordeste e parcerias para desenvolvimento de trens e caminhões a célula de combustível sinalizam a maturação dessa tecnologia para a próxima década.

4 DESAFIOS ESTRUTURAIS: INFRAESTRUTURA E “GRID”

A massificação dessas tecnologias enfrenta gargalos físicos. A infraestrutura de recarga pública ainda é incipiente. Um estudo da McKinsey (2022) alerta que a expansão da frota elétrica exigirá investimentos massivos em Smart Grids para evitar sobrecargas no sistema de distribuição, especialmente em horários de pico.

Além disso, a logística de distribuição do biometano e do hidrogênio requer a construção de “corredores verdes” nas rodovias, um desafio que só pode ser superado através de parcerias público-privadas (PPPs) e concessões rodoviárias que incluam metas de infraestrutura de abastecimento.

5 O PAPEL DAS CONTRATAÇÕES PÚBLICAS E RECOMENDAÇÕES

À luz da Nova Lei de Licitações (Lei nº 14.133/2021), que insere o desenvolvimento nacional sustentável como princípio basilar, as contratações públicas deixam de ser atos meramente burocráticos para se tornarem ferramentas de política pública.

5.1 DO MENOR PREÇO AO CICLO DE VIDA

A Nova lei de Licitações, dentre várias mudanças, regrou que o objetivo da contratação é a melhor proposta. Essa expressão muda o paradigma da Lei Federal 8666/93 da aquisição/contratação pelo “menor preço de aquisição”.

A Lei Federal 14.133/21 impõe a análise do ciclo de vida do objeto e, portanto, isso permite avaliar de forma mais clara o **custo** total da transação e seus efeitos gerais e externalidades eventualmente causadas. Como ressalta Biderman (2021), licitações que ignoram os custos operacionais e as externalidades ambientais resultam em “falsa economia” para o erário.

- **Recomendação 1:** Os Tribunais de Contas devem orientar os gestores a utilizarem metodologias de cálculo de TCO¹ (Total Cost of Ownership) em editais de frota, considerando a vida útil das baterias e a economia de combustível.

5.2 REGIONALIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES

O Brasil possui dimensões continentais com vocações energéticas distintas.

- **Recomendação 2:** Editais de transporte público devem ser agnósticos tecnologicamente, fixando metas de redução de emissões, mas permitindo que cada região adote a solução mais viável (ex: elétrico em metrópoles, biometano no interior agroindustrial).

5.3 FOMENTO À INOVAÇÃO VIA ENCOMENDAS TECNOLÓGICAS

O Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (Lei nº 13.243/2016) oferece o instrumento da Encomenda Tecnológica (ETEC).

¹ O TCO (Total Cost of Ownership, ou Custo Total de Propriedade) é uma métrica financeira usada para **estimar o custo total de um ativo durante sua vida útil**. Essa análise considera o custo inicial de aquisição e todos os custos adicionais que surgem ao longo do tempo para manter, operar e descartar o produto.

- **Recomendação 3:** Municípios e Estados devem utilizar ETECs para testar soluções pioneiras em mobilidade (como ônibus a hidrogênio), compartilhando o risco da inovação com o setor privado, conforme preconizado pelo TCU em seus acórdãos sobre inovação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A descarbonização da frota brasileira é um processo irreversível. O evento promovido pela EGC/TCMSP evidencia que a “transição energética” saiu dos laboratórios acadêmicos para integrar a pauta prioritária da administração pública.

A liderança do setor público, através de compras sustentáveis e regulação inteligente, é a chave para transformar o potencial energético brasileiro em desenvolvimento socioeconômico real. Ao alinhar a política de transportes com a política industrial e ambiental, o Brasil pode não apenas cumprir suas metas climáticas, mas exportar soluções de mobilidade sustentável para o Sul Global.

REFERÊNCIAS

BE8. **Relatório de Sustentabilidade e Inovação: O Futuro do Diesel Verde.** Passo Fundo: Be8 Energy, 2024.

BIDERMAN, Ciro. **Compras Públicas Sustentáveis e Inovação em Mobilidade.** Rio de Janeiro: FGV Editora, 2021.

BNDES. **O papel do BNDES na transição energética e na mobilidade elétrica.** Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021.** Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2021.

BRASIL. **Lei nº 14.902, de 27 de junho de 2024.** Institui o Programa Mobilidade Verde e Inovação – Programa Mover. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2024.

CIBIOGÁS – CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS – BIOGÁS. **Panorama do Biogás no Brasil 2023.** Foz do Iguaçu: CIBiogás, 2024.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **A Indústria e a Descarbonização da Mobilidade: Propostas para o Brasil.** Brasília: CNI, 2024.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050).** Brasília: MME/EPE, 2020.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2024: Ano base 2023.** Rio de Janeiro: EPE, 2024.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.** 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2022.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global EV Outlook 2024: Moving towards a widespread adoption**. Paris: IEA, 2024.

IPCC. **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2023.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Compras Públicas no Brasil: Uma estimativa do tamanho do mercado**. Brasília: IPEA, 2022.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor**. Abu Dhabi: IRENA, 2022.

MCKINSEY & COMPANY. **The Future of Mobility in Brazil**. São Paulo: McKinsey, 2021.

SEEG – SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. **Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa (1970-2023)**. Observatório do Clima, 2024.

SPTRANS. **Relatório Integrado de Administração 2024/2025**. São Paulo: São Paulo Transporte S/A, 2025.