

DOSSIÊ

A ELETRIFICAÇÃO AUTOMOTIVA BRASILEIRA: uma análise socioeconômica das recentes transformações tecnológicas

*Lucas Lemos Walmrath**
*Bruna Biesdorf Barro***

Resumo

O Brasil passa por uma rápida transformação com a consolidação da produção e do consumo de veículos eletrificados. Partindo da Sociologia Econômica, discutimos os fatores que subjazem a esta mudança e como a rápida e não antecipada transição rumo à eletrificação automotiva no Brasil pode ser explicada. Metodologicamente, trata-se de um estudo de caso qualitativo do setor automotivo brasileiro, baseado em fontes secundárias e primárias exaustivas. Os resultados reforçam a importância de uma visão socioeconômica informada das *mudanças* tecnológicas e de como estas são moldadas por *permanências* institucionais. Em síntese, o atual estágio da eletrificação brasileira diz menos sobre as tecnologias em si e mais sobre as estratégias, usos, sentidos e enquadramentos a que estas estão sujeitas em uma trajetória tecnológica dependente.

Palavras-chaves: sociologia econômica; tecnologia; indústria automotiva; eletrificação; Brasil.

* Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Núcleo de pesquisas Desenvolvimento, Trabalho e Ambiente (DTA). Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: lucaswalmrath@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6698-8969> CrediT: Conceitualização, Tratamento dos dados, Análise Formal, Obtenção de financiamento, Investigação, Metodologia, Administração do Projeto, Software, Supervisão, Visualização, Redação - rascunho original.

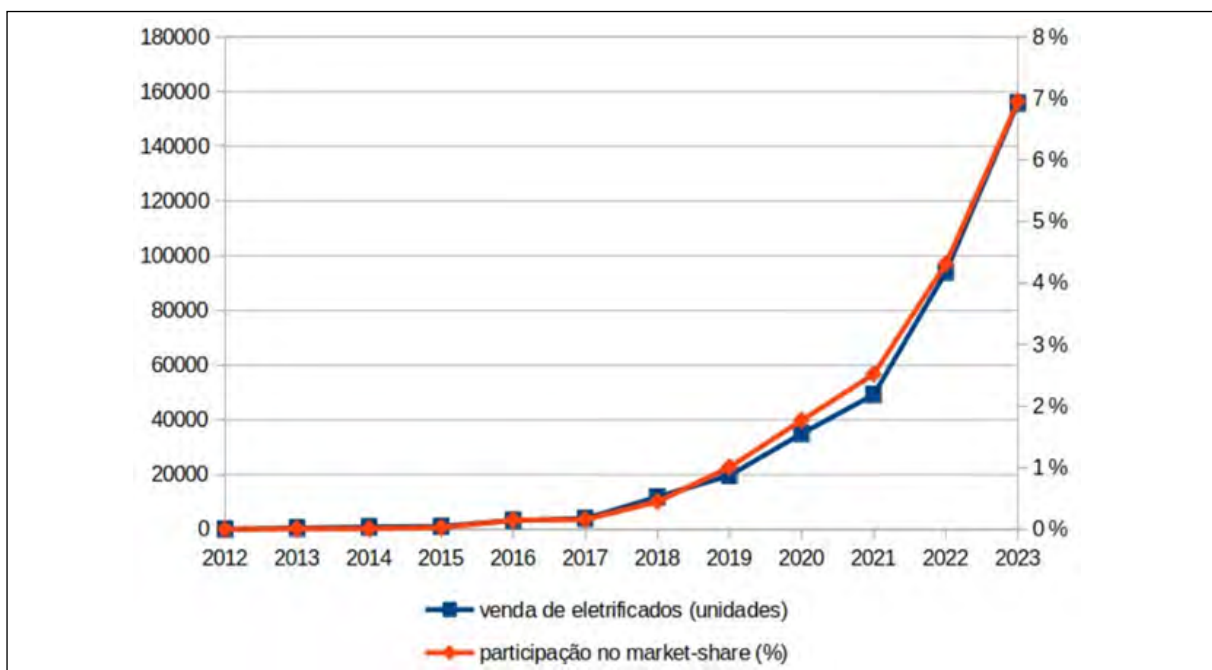
** Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Núcleo de pesquisas Desenvolvimento, Trabalho e Ambiente (DTA). Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: brubbarro@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-3682-574X> CrediT: Conceitualização, Análise Formal, Investigação, Validação, Visualização, Escrita – revisão e edição.

INTRODUÇÃO¹

Ao longo dos últimos quinze anos, o mundo vem testemunhando a notória ascensão dos veículos eletrificados (VEs). Uma alternativa tecnológica já conhecida, mas até então pouco explorada, estes veículos parecem cada vez mais relevantes diante dos renovados impulsos em prol de uma economia global mais sustentável e menos baseada em combustíveis fósseis, como evidenciado, por exemplo, na assinatura do Acordo de Paris de 2015.

Como ocorre com muitas novas tecnologias de ponta, tais veículos foram inicialmente fabricados e consumidos sobretudo em países de renda alta e na China. Nos últimos cinco anos, contudo, o Brasil também vem migrando, em tendência exponencial, para a eletrificação (figura 1 a seguir). A guinada ocorre, inclusive, a despeito dos prognósticos mais pessimistas (*e.g.* Trigueiro e Kovalick, 2013) e também dos mais otimistas, especialmente se considerado o cenário econômico agravado por crises domésticas e internacionais.

Figura 1 - Vendas totais de veículos eletrificados (unidades de carros e de veículos comerciais leves) e participação no *market share* nacional geral, Brasil, 2012-2023.



Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da Associação Brasileira do Veículo Elétrico – ABVE (2025).

A recente emergência dos VEs se configura como um objeto particularmente relevante para estudos socioeconômicos. Neste artigo, nos debruçamos sobre dois problemas: 1) a percepção de que o surgimento de novas tecnologias de natureza disruptiva e a progressiva adesão a estas, seriam fenômenos tanto naturais quanto esperados, em função de uma suposta eficiência ou conveniência. No caso

¹ Este artigo é baseado nos resultados da tese de doutorado do Walmrath (2025), mais especificamente nas discussões sociológicas acerca das tecnologias presentes no capítulo 2 e nos achados empíricos relatados no capítulo 5. A argumentação da tese foi revista, ampliada e modificada para este artigo.

dos VEs, tal noção se traduziria no apelo “inequívoco” que estes veículos teriam diante dos desafios climáticos e ambientais; 2) a natureza das tecnologias e o papel que estas assumem nas mudanças socioeconômicas. Aqui buscamos desafiar a ideia de que “tecnologias” em si mesmas (e por si só) figuram entre os principais vetores de mudança socioeconômica, em detrimento de outros elementos.

Nossa discussão será delimitada pelo caso da eletrificação brasileira, a partir de duas perguntas: quais fatores subjazem à rápida e não antecipada transição rumo à eletrificação automotiva no Brasil em cerca de uma década e como pode ser explicada? O que este caso e a discussão teórica conduzida podem nos dizer sobre a íntima relação entre sociedade, economia e tecnologia?

Nosso objetivo com este caso é demonstrar como “novas” tecnologias não têm seus rumos determinados nos mercados em razão de suas características, ao evidenciar como estas são socioeconomicamente determinadas pelos agentes e instituições ao longo do tempo. O objetivo está ancorado em três premissas teóricas. As duas primeiras estão ancoradas no trabalho de Dosi *et al.* (2005): 1) tecnologias devem ser lidas como paradigmas não estanques, pois possuem graus de plasticidade; 2) a existência de trajetórias tecnológicas possíveis *dentro* de um paradigma); e 3) tecnologias são sempre enraizadas (*cf.* Block e Somers, 2014) e, portanto, suas mudanças são condicionadas por dependência de trajetória (Ghezzi e Mingione, 2007).

Quanto às hipóteses, assumimos que a recente trajetória tecnológica da eletrificação automotiva brasileira é explicada 1) pela condição de economia dependente e sem tradição industrial automotiva própria; 2) pelo domínio das firmas incumbentes² no mercado ao longo do tempo (Fligstein, 2002; Ghezzi e Mingione, 2007) e das tradições tecnológicas que estas introduziram e cultivaram no mercado automotivo brasileiro; e 3) pela maneira através da qual as firmas, o Estado e as instituições reagiram às disrupções e crises que moldaram decisivamente as trajetórias tecnológicas (Dosi *et al.*, 2005) do setor automotivo.

Para além desta introdução, dividimos o artigo em mais três seções. Começamos apresentando reflexões teóricas da Sociologia Econômica das Tecnologias, incorporando também abordagens econômicas da tecnologia e estudos voltados à indústria automotiva e sua eletrificação. Em seguida, descrevemos a metodologia da pesquisa. Seguimos com a discussão do caso e encerramos com reflexões sobre nossos achados.

1. MUDANÇAS E PERMANÊNCIAS TECNOLÓGICAS: *INSIGHTS* PARA O ESTUDO DA ELETRIFICAÇÃO AUTOMOTIVA

1.1 Mudanças e permanências

A mudança social é um tema clássico da Sociologia (*cf.* Joas e Knöbl, 2009). Tecnologias se destacam entre os fatores de mudança, sobretudo nos marcos do capitalismo, noção muito clara desde Marx e Schumpeter. Da Sociologia Econômica, subárea dedicada à economia, se esperaria um apanhado de estudos na interseção sociedade-economia-tecnologia, particularmente no que tange ao estudo das mudanças derivadas de tecnologias e inovações tecnológicas. Curiosamente, pelo

² Para Fligstein (1996, p. 663), “As firmas incumbentes são grandes, e os atores nestas firmas conhecem seus principais concorrentes e enquadram suas ações em outros grandes concorrentes. As firmas desafiantes são menores e baseiam suas ações nas maiores empresas. Mas elas experimentarão o mundo como algo dado, fora de seu controle”.

menos até o início dos anos 2000, havia uma grande lacuna³ a ser preenchida neste campo (Sverrisson, 2000).

Tal espaço passou a ser ocupado progressivamente nas principais publicações da subárea (*e.g.* Pinch e Swedberg, 2008). Para nossos interesses, a referência central dos estudos tecnológicos da Sociologia Econômica é o influente capítulo de Dosi *et al.* (2005), publicado na segunda edição do *The Handbook of Economic Sociology*. Embora relativamente antigo, ao apresentar as linhas mestras da relação entre tecnologia, economia e sociedade, o texto indica que inovações tecnológicas remetem aos direcionamentos dados e buscados pelas empresas, mas que estes e, por conseguinte, as tecnologias eventualmente desenvolvidas, são sempre limitados (e possibilitados) por questões relativas ao avanço técnico-científico, aos custos e ao capital disponível, mas também às instituições. Afinal, nem tudo o que é tecnologicamente viável encontra correspondência no que é economicamente lucrativo e socialmente aceitável (Perez, 2009).

Assim, muitos fatores importam simultaneamente para causar e explicar mudanças tecnológicas. No entendimento de Dosi *et al.* (2005), é preciso uma visão moderada: nem o construcionismo social, tampouco o determinismo tecno-econômico. Considerando que a direção da trajetória a ser assumida frente a um novo estilo tecnológico não é predeterminada (Perez, 1983), torna-se ainda mais importante sublinhar a dimensão da escolha mais ou menos consciente e sempre disponível acerca do desenvolvimento de tecnologias:

O ponto central é que diversas instituições (que vão desde empresas incumbentes até órgãos governamentais), grupos sociais e também agentes individuais (incluindo, é claro, inventores e empreendedores) atuam como selecionadores *ex ante* das direções de pesquisa a serem seguidas (Dosi *et al.*, 2005, p. 668).

Ou seja, os processos de decisão não são aleatórios, mas sim moldados por contextos que incluem não só as possibilidades técnicas de um dado período, mas também os preços relativos e potenciais de mercado, bem como fatores institucionais e regulatórios (Perez, 2009). Por fim, também destacamos as noções de graus de plasticidade e de trajetórias tecnológicas (Dosi *et al.*, 2005) para afirmar que as tecnologias não são estanques; são moldáveis e passíveis de mudanças em direção a certos caminhos.

Até aqui discutimos brevemente as *mudanças* tecnológicas, apontando que as tecnologias têm graus de plasticidade (Dosi *et al.*, 2005). Contudo, é igualmente importante versar sobre as *permanências*, *i.e.*, a manutenção de certas tecnologias ao longo do tempo, e os impactos disso na ordem social⁴.

O conceito central aqui não poderia ser outro que não o de paradigma. Tomando emprestada a concepção do funcionamento da ciência de Thomas Kuhn e adaptando-a ao estudo das tecnologias (Dosi, 1982), os paradigmas não devem ser reduzidos a meros esquemas ou diagramas técnicos (*blueprints*) (Dosi *et al.*, 2005). Eles dizem mais sobre as heurísticas aceitas e difundidas pelas comunidades de desenvolvedores, representando lógicas compartilhadas entre os atores em rela-

³ Exceções existem. Biggart e Lutzenhiser (2007) discutem a eficiência energética em edifícios; Garcia-Parpet (1986) mostra como a tecnologia foi usada para construir um “mercado perfeito”; a Teoria Ator-Rede ressalta o papel central da tecnologia nos mercados financeiros (*e.g.* Callon *et al.*, 2007).

⁴ Novamente remetemos a Joas e Knöbl (2009), tomando a tecnologia como elemento para pensar o problema da *ordem* social.

ção aos modos de fazer, à direção da trajetória de pesquisa e desenvolvimento tecnológico (Perez, 2009) e aos elementos básicos compartilhados entre variantes de uma dada tecnologia. Não obstante, sempre existem distintas trajetórias possíveis *dentro* de um paradigma, *i.e.*, diferentes “[...] oportunidades inovadoras subjacentes a cada paradigma” (Dosi *et al.*, 2005, p. 682) e sujeitas a decisões sobre rumos, ritmos e características do desenvolvimento inovativo.

Incorporamos também o conceito de dependência de trajetória⁵, que designa

[...] processos de escolha social que envolvem *feedback* positivo. Esse *feedback* significa que escolhas individuais se reforçam mutuamente: se a alternativa A foi preferida à alternativa B em determinado momento, aumenta-se a probabilidade de que ela continue sendo preferida no futuro (Genschel, 2011).

Tal conceito ajuda a especificar precisamente *como* os paradigmas tecnológicos se consolidam ao longo do tempo (*e.g.* David, 1985), especialmente considerando a forte e constante interação entre as esferas econômica, social e institucional, ou seja, uma relação de *feedback* (Perez, 1983) com efeitos decisivos sobre tecnologias particulares. A categoria vem sendo abraçada no estudo das tecnologias e acrescida de certos corolários da subárea. Ghezzi e Mingione (2007, p. 13), por exemplo, a teorizam enquanto “[...] ferramenta para identificar a persistência da diversidade e da inovação dentro dos processos de mudança social”, combinando-a ao conceito chave de enraizamento⁶.

Tal concepção é interessante, pois evidencia que dinâmicas de *permanência* (*i.e.*, não apenas de *mudanças*) também podem, talvez contraintuitivamente, colaborar para a *variedade* de tecnologias desenvolvidas. Já Dosi *et al.* (2005, p. 692) afirmam que ainda persistem “[...] controvérsias importantes sobre os graus de ‘renegociabilidade social’ de qualquer sistema tecnológico estabelecido (ou seja, sua ausência de dependência de trajetória)”. Assim, indicam que a dependência de trajetória, por mais que seja um elemento crucial nas análises tecnológicas, não deve descartar a possibilidade de mudança, mesmo em uma trajetória tecnológica já estabelecida.

A combinação dos dois conceitos, somada às concepções de mudança social e de continuidades e descontinuidades na esfera tecnoeconômica, se mostra apropriada. Por um lado, as mudanças tecnológicas são possibilidades de inovação técnica disponíveis para agentes socioeconômicos, embora também sejam enraizadas socialmente e, portanto, limitadas por múltiplos fatores. Por outro lado, a literatura observa como muitas tecnologias se convertem em paradigmas tecnoeconômicos⁷, verdadeiros agrupamentos de paradigmas específicos (Perez, 2009) que se convertem no senso comum para a devida operação em uma dada atividade econômica (Perez, 1983). Estes paradigmas interagem mutuamente com estruturas socioinstitucionais dependentes de trajetória.

⁵ Granovetter e Swedberg (2011) concebem processos dependentes de trajetória como originados de redes de interações sociais que constituem instituições.

⁶ Apesar da origem polanyiana (Polanyi, 2012), subscrevemos a interpretação da Nova Sociologia Econômica, *i.e.*, que concebe a economia como uma esfera sempre enraizada (*always embedded*) na sociedade, conforme proposto por Block e Somers (2014). Em outras palavras, usamos o conceito para contrapor leituras “desenraizadas” da economia (e da tecnologia).

⁷ Conceito introduzido por Perez (1983), a fim de vincular sua categoria de “estilo tecnológico” com a categoria de “paradigma tecnológico” introduzida por Dosi (1982).

1.2 A eletrificação automotiva: objeto de estudo tecnológico e socioeconômico

Embora, do ponto de vista prático, veículos a combustão (VCs) e veículos eletrificados (VEs) cumpram a mesma função de maneira muito similar, *i.e.*, meios de transporte de pessoas e coisas, suas tecnologias diferem bastante. É a partir destas diferenças que discutiremos a literatura socioeconômica voltada especificamente à questão tecnológica dos VEs. O quadro a seguir sintetiza tais diferenças.

Quadro 1 – Principais diferenças entre veículos a combustão (VCs) e veículos eletrificados (VEs).

Tipo de veículo	Tipo de VE	Propulsão	Fonte de energia	Reservatório de energia	Reabastecimento	Custo de fabricação/aquisição	Custo de manutenção	Poluição (ar + sonora)
VCs	-	Motor a combustão interna (MCI)	Gasolina, diesel ou etanol	Tanque de combustível	Postos de combustíveis	Baixo	Alto	Alta
VEs	<i>Hybrid Electric Vehicle (HEV)</i>	MCI + motor elétrico (ME)	Gasolina, e/ou etanol + energia elétrica	Tanque de combustível + bateria	Postos de combustíveis	Médio	Médio	Média
	<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)</i>	MCI + ME	Gasolina, e/ou etanol + energia elétrica	Tanque de combustível + bateria	Postos de combustíveis + rede elétrica (doméstica ou pública)	Médio	Médio	Média
	<i>Battery Electric Vehicle (BEV)</i>	ME	Energia elétrica	Bateria	Rede elétrica (doméstica ou pública)	Alto	Baixo	Baixa

Fonte: Elaboração própria, a partir das definições da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA (*S.d.*).

Uma leitura *econômica* destas mudanças, desenvolvida por economistas interdisciplinares e consultores (*e.g.* Rapson e Muehlegger, 2021), instituições como o Banco Mundial (Briceno-Garmendia *et al.*, 2023; Peltier-Thiberge e Reja, 2023) e organizações intergovernamentais como a *International Energy Agency* (IEA), não raro pende para heurísticas bastante difundidas na mídia especializada e mesmo entre consumidores. Em linhas gerais, nestes estudos, a demanda por VEs levaria à competição interfirmas, o que desencadearia o desenvolvimento tecnológico destes veículos e sua eventual maturação e viabilidade tecnoeconômica (em comparação com VCs). Esta linha de argumentação também é encontrada em estudos sobre os prognósticos da eletrificação em países de renda média (como o Brasil) e de renda baixa (*e.g.* Rajper e Albrecht, 2020).

Essa leitura um tanto quanto *unidirecional* da mudança tecnológica como oriunda do mercado (*cf.* Dosi, 1982) é tão comum quanto limitada. Especialistas em tecnologia automotiva também discordam dessa concepção. Por exemplo, as obras de Gijss Mom (*e.g.* Mom, 2013; 2023) oferecem uma visão coevolutiva entre tecnologia e sociedade, ressaltando nuances e contingências históricas nas mudanças e permanências tecnológicas da indústria. Tal concepção também evita uma “coisificação” ou autonomização da tecnologia. O autor também oferece a noção de cultura automotiva, sublinhando as diferenças entre países, firmas e consumidores e seus efeitos nas características dos automóveis. Sobre os VEs, o autor enfatiza a pouco conhecida, porém rica história destes veículos (Mom, 2013), cujo declínio teve pouco a ver com suas deficiências técnicas.

A Sociologia Econômica tem se mostrado cada vez mais interessada na interseção entre sociedade, economia e tecnologia. Embora ainda relativamente pequena, existe uma sólida base de estudos teóricos socioeconômicos da tecnologia e da inovação, que continua a ser desenvolvida (Ebner, 2025; Garcia e Carneiro, 2021; Reale, 2024).

Garcia e Carneiro (2021), por exemplo, optam por uma leitura ampliada de inovação, associando-a como um dos principais motores da competição nos mercados. Para os autores, ela envolve a “[...] introdução de ideia ou objeto, consumido como produto ou aplicado no processo produtivo, podendo ser, neste caso, de natureza tecnológica, organizacional ou institucional” (Garcia e Carneiro, 2021, p. 239). Já o argumento de Reale (2024) em nome de uma Sociologia Econômica da Inovação destaca teorias e conceitos desenvolvidos pelos estudos da valoração (*e.g.* Fourcade, 2011), isto é, de uma literatura que entende o enraizamento institucional da inovação como pautado em dinâmicas valorativas (Reale, 2024).

Mais recentemente, Ebner (2025), também interessado em um enquadramento mais adequado para o desenvolvimento de uma Sociologia Econômica da Inovação, faz uma aposta na recuperação da obra de Schumpeter e da Economia Evolucionária (*Evolutionary Economics*). Apoiado na ideia de lucro como principal motivador da inovação, o autor negligencia a convivência entre permanências e mudanças, desafiando frontalmente leituras que enfatizam a busca por estabilidade nos mercados (*cf.* Fligstein, 2002) seja um ponto central do processo inovativo, no qual “[...] a inovação assemelha-se a uma perturbação com origem exógena” (Ebner, 2025, p. 274).

De todo modo, a devida aplicação de quaisquer inovações teóricas requer estudos empíricos. No presente, uma Sociologia Econômica da tecnologia aplicada *ao setor automotivo* parece tanto justificada quanto virtualmente inexistente, salvo exceções (*e.g.* Lima e Santos, 2021).

Para nossos propósitos, Dosi *et al.* (2005), deixaram algumas pistas. Não por acaso, o automóvel é apontado como um *exemplo* paradigmático⁸ dos estudos sobre inovação, uma vez que nas tecnologias automotivas “[...] o progresso técnico parece exibir padrões e invariâncias” em termos das características do produto (Dosi *et al.*, 2005, p. 682). Com isso, os autores reforçam como empresas, incluindo montadoras, têm diferentes níveis de conhecimento técnico e organizacional que se refletem em produtos e inovações distintos.

A literatura socioeconômica sobre a eletrificação automotiva, particularmente os estudos socioeconômicos sobre o processo brasileiro⁹, embora incipiente, começa a se avolumar. Os trabalhos de Wolffenbuttel estão entre os pioneiros nesta interseção. Em artigo de 2020, o autor nota como o crescimento da eletrificação na década passada também foi moldado por notória diversidade tecnológica, considerando “[...] não só os fatores técnicos e econômicos dentro de uma lógica causal e unidirecional, mas o conjunto de políticas públicas, aspectos culturais e mobilizações sociais nas quais as inovações estão inseridas” (Wolffenbüttel, 2020, p. 154). À época, uma transição para os VEs não parecia provável dada a dependência de trajetória nacional. Em artigo posterior, o autor aponta como o desalinhamento institucional nacional acabou servindo como mecanismo de bloqueio à inovação eletrificada em prol dos VCs (Wolffenbüttel, 2022).

⁸ Tal concepção é compartilhada pelo especialista automotivo Gijs Mom (2023).

⁹ Apesar do destaque à Sociologia Econômica, não poderíamos deixar de mencionar os trabalhos da professora Flávia Consoni, líder do Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico (LEVE), sediado na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). A pesquisadora tem ocupado papel de liderança no estudo da eletromobilidade brasileira.

Mais recentemente, Brandão e Lima (2025) também contribuíram para esta literatura ao discutir a questão do poder nas políticas de eletrificação automotiva. Em estudo comparativo (Estados Unidos, China e União Europeia) entre as políticas públicas para a promoção dos VEs, os autores partem da teoria dos Campos de Ação Estratégica de Fligstein (2002) para reiterar como, apesar dos esforços recentes, a eletrificação brasileira é comparativamente mais incipiente (Brandão e Lima, 2025). O cenário nacional seria derivado de fatores tipicamente econômicos, mas também de ordem político-institucional, refletindo as tensões do campo.

2. METODOLOGIA

Definimos esta pesquisa como um estudo de caso único. Mais especificamente, estudamos o caso brasileiro da eletrificação automotiva, *i.e.*, um caso entre outros casos nacionais, muito embora este contenha várias observações *dentro* de si (*cf.* Gerring, 2006). Quanto ao marco temporal, a pesquisa abrange particularmente os anos de 2011 a 2023, período que contempla os antecedentes imediatos e o ápice da virada para a eletrificação nacional.

Quanto à coleta de dados, foram utilizadas fontes secundárias e primárias diversas. As fontes secundárias que se destacam nesta pesquisa são notícias advindas do *site Automotive Business*, portal especializado no setor automotivo brasileiro. Tais notícias foram utilizadas para reconstituir a emergência recente e as nuances sociopolíticas por trás do processo de eletrificação. Diferente de revistas e portais automotivos populares, centrados na avaliação das novidades do mercado automotivo, o *Automotive Business* é mais voltado para os bastidores das decisões empresariais automotivas, seja em matéria de tecnologia e produto, ou de relações governamentais. Assim, o portal foi escolhido por oferecer um maior acesso à racionalidade das montadoras, fornecendo também importantes pistas acerca da estrutura do mercado nacional e das relações de poder que o perpassam.

Adicionalmente, o portal foi escolhido devido à maior facilidade para o emprego da técnica de *webscraping*, *i.e.*, da raspagem das notícias para a criação de um banco de dados. As buscas foram direcionadas à totalidade do acervo de notícias do portal, com recorte temporal específico fixado entre 2019 e 2023, dado o volume de dados a ser lido e processado. Tal recorte, contudo, é justificado na medida em que detectamos, qualitativamente, que este é o período no qual a eletrificação de fato teve significativo impulso no país, com a fabricação dos primeiros híbridos-*flex* da Toyota (Izo, 2019).

O procedimento de pré-coleta envolveu a seleção das palavras-chave a serem utilizadas nas buscas. Optamos por buscar o nome das firmas que dominam o *market-share* automotivo nacional, e das principais desafiantes chinesas em ascensão. Adicionalmente, buscamos palavras-chave para capturar o papel do Estado (*e.g.* governo) e de entidades como a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) e a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE).

A raspagem inicial das notícias resultou em planilhas com o título, a data e o *link* de acesso a cada matéria, para o período selecionado e para cada palavra-chave. O passo seguinte foi a elaboração de critérios de inclusão e exclusão para o material listado. O procedimento envolveu a leitura do título de cada notícia e a posterior inclusão em nossa pesquisa somente daquelas estritamente relacionadas à eletrificação, embora em sentidos variados (*e.g.* planos para um novo veículo, discussões sobre rotas tecnológicas, *etc.*) ou que elucidassem aspectos paralelos importantes para traçar as estratégias das firmas para o mercado nacional.

A lista final de notícias foi constituída pela união das notícias resultantes da busca por todas as palavras-chave. Foram eliminadas as notícias que porventura fossem duplicadas. Estas notícias,

então, foram a base para um novo código que raspava o seu *conteúdo* em formato .txt individualmente. Uma vez finalizado o *download* das notícias, estas foram salvas no computador do primeiro autor e colocadas no *software* de análise qualitativa *QualCoder 3.5* (Brailas *et al.*, 2023).

As fontes primárias, por sua vez, consistem em quatro entrevistas: duas com especialistas em assuntos da indústria automotiva do Governo Federal brasileiro¹⁰ durante a gestão atual (2023-2026); e duas com outros *stakeholders*. Também foi conduzida uma breve pesquisa de campo no evento *Automotive Business Experience 2024*.

No total, foram lidos, codificados e analisados 1.017 itens, incluindo 830 notícias do setor, das quais 760 foram raspadas sistematicamente e 70 foram encontradas de forma avulsa e complementar. Também nos baseamos em documentos variados, como relatórios, boletins, estatísticas, mapas, fotos, figuras, legislação pertinente e vídeos.

Empregamos a análise qualitativa padrão, realizada durante e não somente ao fim da coleta (Merriam e Tisdell, 2015). Esta consistiu na leitura e na codificação minuciosa de todas as fontes em ordem cronológica. A codificação foi baseada teoricamente, com códigos elaborados no início da análise (Saldaña, 2016). Apesar das similaridades, não se trata de análise de conteúdo, tampouco de análise de discurso. Não foi nosso objetivo qualificar, ordenar ou quantificar o conteúdo analisado. Também não buscamos as nuances dos discursos, embora reconheçamos sua importância. Antes, a análise conduzida centrou-se na reconstituição dos principais eventos, suas causas e os mecanismos que os conectavam, próxima, assim, do método de rastreamento de processo (*process tracing*). Por fim, analisamos e utilizamos as entrevistas conduzidas e consultadas ao final da pesquisa para esclarecer dúvidas com agentes-chave envolvidos no caso, de modo a robustecer nossa interpretação.

3. DA ELETRIFICAÇÃO À DESCARBONIZAÇÃO: BREVE TRAJETÓRIA DOS VEÍCULOS ELETRIFICADOS NO BRASIL

Frente à ainda incipiente literatura tratando do desenvolvimento tecnológico dos automóveis no Brasil, nos beneficiamos aqui do conhecimento geral sobre a indústria, com atenção especial a trabalhos históricos (*e.g.* Wolfe, 2010) e à compilação de fatos e marcos históricos realizada pela representante das principais montadoras instaladas no país (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, 2022).

Desde a origem da indústria no país, com as primeiras fábricas da *Ford* e da *General Motors (GM)* entre o final da década de 1910 e meados da década de 1920, a montagem e oferta de veículos ocorreram por meio de subsidiárias dessas mesmas empresas. Outra possibilidade era a montagem e a comercialização de produtos importados por intermédio de firmas nacionais autorizadas. Assim, na aurora da indústria nacional, a produção de fato local não era uma realidade, muito menos os prospectos de centros de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) robustos no país.

A importação permaneceu central até meados dos anos 1950, com o efetivo início da produção nacional. Ainda assim, os veículos e tecnologias mais utilizados eram os referentes a firmas estadunidenses. Progressivamente, firmas europeias se somaram, com destaque para a *Volkswagen*

¹⁰ Agradecemos ao professor doutor Raphael Lima (Universidade Federal Fluminense – UFF, Campus de Volta Redonda/RJ) e a Lucas Afonso (doutor em Sociologia, UFF, Campus de Volta Redonda/RJ), colegas do núcleo de pesquisa *Brazilian Research in Auto Industry (BRAIN)*, por disponibilizarem as duas entrevistas.

(VW) e, posteriormente, para a *Fabbrica Italiana Automobili Torino (FIAT)*. Dos anos 1950 até a abertura comercial dos anos 1990, grande parte da indústria automotiva nacional caracterizou-se por uma pequena variedade de veículos simples, cuja comercialização atravessou décadas por meio de atualizações variadas¹¹.

Nesse ínterim, a crise do petróleo dos anos 1970 foi uma disrupção que moldou decisivamente as trajetórias tecnológicas da indústria. Em 1973, o Brasil importava cerca de 80% dos combustíveis consumidos internamente (Wolfe, 2010). Nesse contexto, tornou-se imperativa a demanda por diversificar a oferta de energia para máquinas e veículos. Assim, o etanol derivado da cana-de-açúcar surgiu como alternativa por meio do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) em 1975 (Barzelay, 1986). O programa teve como marco inicial o lançamento do FIAT 147, primeiro veículo do mundo a rodar exclusivamente com etanol, ainda em 1976.

A partir de então, o combustível se popularizou, com maior nível de consumo nos anos 1980. A retração da crise do petróleo, o preço mais competitivo da gasolina e sua maior usabilidade frente a certos inconvenientes dos veículos movidos exclusivamente a etanol fizeram com que o álcool perdesse destaque. Isso até 2003, quando a VW inovou e lançou no mercado os veículos *flex-fuel*, capazes de rodar com qualquer mistura simultânea de etanol e gasolina.

Torna-se evidente um certo padrão tecnológico na indústria automotiva brasileira, conformado pelos fatores sublinhados ainda no início do texto. Um dos resultados desta trajetória se traduziu em uma indústria nacional que, dada sua condição de economia dependente, é dominada por firmas incumbentes estrangeiras, sobretudo as europeias. Em termos de produto e tecnologia, e dada a renda nacional média em patamar inferior ao observado no Norte Global, a trajetória brasileira reflete uma opção histórica por veículos de pequeno porte e por motorização compacta convencional a combustão. Por fim, o padrão tecnológico automotivo brasileiro sempre foi moldado e regulado institucionalmente, com destaque para projetos de motorização e de oferta de combustíveis alternativos. Entretanto, também foi moldado pelo controle da emissão de gases poluentes, a exemplo do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) desde os anos 1980.

Esta breve recapitulação é essencial para a discussão dos eventos mais recentes da indústria. Uma reconstituição detalhada da aurora da eletrificação automotiva brasileira também está aquém do espaço disponível¹². Para fins de síntese, nos concentramos na década passada e na atual. Na primeira metade da década de 2010, a indústria e o mercado automotivo brasileiro viviam seu ápice. As vendas se concentravam em veículos populares e compactos, com motores convencionais pequenos *flex-fuel*. A eletrificação ainda engatinhava mundo afora, mas já dava passos decisivos, por exemplo, com a popularização de híbridos japoneses e a ascensão global de firmas novatas, como a Tesla.

Ainda em 2013, destacou-se o movimento da Toyota, uma das pioneiras dos VEs. A montadora nipônica demonstrava à indústria e ao governo seu plano de fabricar veículos híbridos inéditos com motores *flex-fuel*. Para tal, costurou apoios para reduzir o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) sobre VEs e, assim, incentivar sua produção nacional. À época, o entendimento geral parecia ser o de emular o padrão estratégico de captura de Investimentos Estrangeiros Diretos

¹¹ Por exemplo, estéticas, mecânicas ou de segurança. O VW Fusca, por exemplo, foi fabricado entre 1959 e 1986, tendo sua produção retomada entre 1993 e 1996.

¹² Para mais detalhes, confira a tese na qual baseamos este artigo Walmrath (2025).

(IEDs) da indústria no país desde os anos 1950: a abertura de mercado com veículos importados, a nacionalização de autopeças e a eventual fabricação completa de veículos (Shapiro, 1994).

A segunda metade da década passada (2015-2020), por sua vez, foi marcada por uma profunda crise político-econômica. Na indústria, ela se traduziu em forte queda de demanda e de produção (Ramalho e Santos, 2024). No contexto internacional, havia uma crescente demanda por VEs e a consequente ascensão de empresas especializadas nestes veículos, que também começava a se notar nacionalmente como pequeno nicho de mercado. Tal avanço também se notava no nicho brasileiro de VEs, não sendo fruto do acaso, tampouco somente do avanço tecnológico e do consequente barateamento destas tecnologias: diversas medidas de incentivo desses veículos foram tomadas, muito embora sem efeito imediato.

Em 2016, por exemplo, a Câmara de Comércio Exterior (CAMEX) eliminou o imposto de importação de VEs. No ano seguinte, foi publicada a nova política industrial do setor automotivo (Rota 2030) cujo direcionamento tecnológico reforçava a tendência de *eficiência* energética via, por exemplo, o *downsizing* de motores. Naquele mesmo ano começaram a surgir projetos de lei (PLs)¹³, sem muito sucesso, que buscavam emular legislações europeias mais incisivas sobre a proibição da venda e do consumo de VCs, em uma espécie de isomorfismo institucional (DiMaggio e Powell, 2005). Em 2018, o então presidente Michel Temer reduziu o IPI dos VEs, enquanto novas e mais exigentes fases do PROCONVE¹⁴ foram publicadas. No ano seguinte, a Toyota finalmente punha em prática seu plano esboçado anos atrás e começava a fabricação nacional de híbridos-flex. Em paralelo, o recém-iniciado governo Jair Bolsonaro fechava o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e o grupo de trabalho que então desenvolvia aquela primeira política nacional de eletromobilidade.

Se na década passada a eletrificação apenas engatinhava, a partir de 2020, e mesmo em meio à pandemia (ou talvez *justamente* por isso), este processo passou a figurar no topo das prioridades das montadoras no país. De fato, as primeiras movimentações no âmbito da ANFAVEA começaram em 2020. Rapidamente, as montadoras incumbentes começaram a patrocinar estudos para avaliar cenários de trajetórias tecnológicas disponíveis e seus potenciais impactos (*e.g.* Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores, 2021). O ângulo da questão passou a girar em torno do sentido, da velocidade e do grau de eletrificação no país.

A controvérsia central estava na *metodologia* de cálculo das emissões de poluentes de cada tecnologia (Figura 2). Esta dizia respeito aos benefícios de cada tecnologia e como estes mudavam a depender do método empregado. À primeira vista, BEVs se destacam por não emitirem gases poluentes, o principal apelo ambiental desta tecnologia desde sua concepção. No entanto, a partir de 2021, uma campanha das firmas incumbentes, liderada e vocalizada pela ANFAVEA e com apoio de outros grupos de interesse¹⁵, começou a apontar que os BEVs se destacavam menos em relação aos VCs se outra metodologia fosse utilizada, *do poço à roda*.

Tal argumento, com o objetivo de obter o apoio do Estado para barrar o avanço das firmas desafiantes chinesas especialistas em BEVs, tratava menos do impacto positivo dos BEVs e mais da

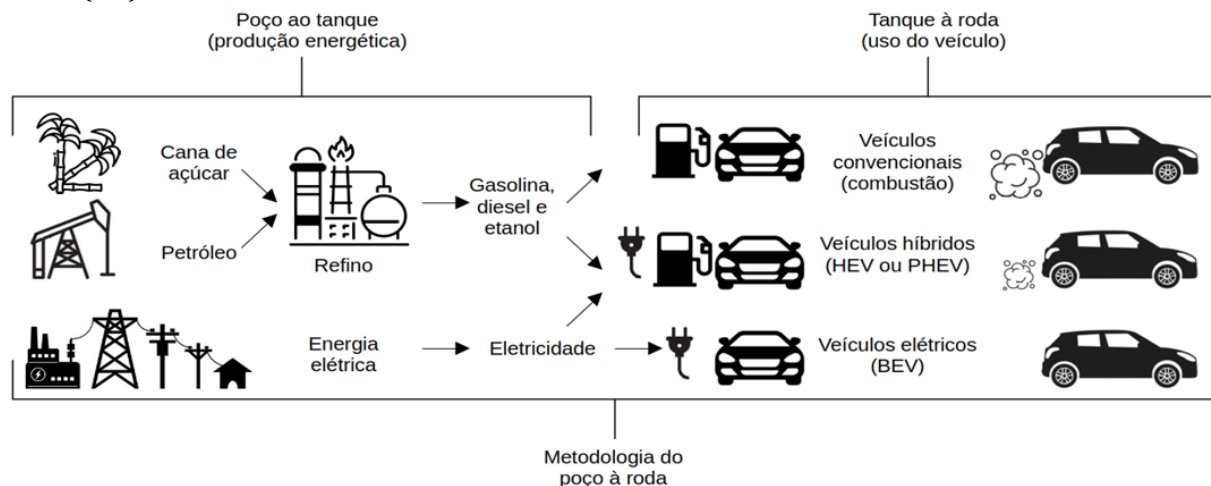
¹³ Por exemplo, o PL nº 304/2017, de autoria do senador Ciro Nogueira (representante legislativo do Piauí), então no partido Progressistas (PP).

¹⁴ A fase L8, em particular, previa uma redução massiva da emissão veicular e foi recebida em 2019 com temor pelas montadoras, que entendiam que seria obrigatória a oferta de VEs para compensar a poluição do ar advinda da frota de veículos convencionais.

¹⁵ Como a Associação de Engenharia Automotiva (AEA), União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), Associação Profissional da Indústria de Peças para Automóveis e Similares (SINDIPEÇAS) e o Sindicato dos Metalúrgicos do ABC (SMABC).

reapreciação dos VCs. A metodologia baseou-se na captura de gases poluentes durante o plantio da cana-de-açúcar, o que colocou os *flex*, de modo geral, e o etanol, em particular, no centro da contribuição brasileira para a redução da poluição no setor de transportes. Assim, as montadoras incumbentes passaram a enquadrar progressivamente o processo de mudança como um problema de *descarbonização*, e não de eletrificação *per se*.

Figura 2 – Matriz energética, metodologia do poço à roda e grau de poluição direta das rotas tecnológicas dos Veículos Eletrificados (VEs) no Brasil.



Fonte: elaboração própria a partir de Walmrath (2025).

É neste sentido que os híbridos-*flex* passam a ser a ponta de lança da *descarbonização* automotiva: ao combinarem uma eletrificação de menor complexidade com o etanol, as firmas incumbentes (à exceção da GM) conseguiram equacionar uma série de questões (sobretudo a manutenção do seu controle do mercado) em um compromisso que se colocava tanto em termos tecnológicos quanto socioambientais. Os dados coletados nos possibilitaram reconstruir o debate público e os argumentos desenvolvidos acerca do processo e como ele se relacionava, por exemplo, à natureza, no sentido de quão “verde” deveriam ser os veículos e a mobilidade futura.

A matriz energética renovável do país, por exemplo, frequentemente foi usada como ponto de apoio para retardar o avanço tecnológico mais incisivo da eletrificação. Embora a poluição *do tanque à roda* dos VEs fosse indiscutivelmente menor, os parâmetros de comparação e os modelos a serem seguidos não raro se voltavam para as emissões médias dos VEs no Norte Global, países cujas matrizes energéticas com maior proporção de combustíveis fósseis acabam por influir na métrica de emissão de VEs. Assim, os híbridos-*flex* nacionais de pronto se sobressaíram como tão ou mais ecologicamente corretos.

Não por acaso ocorre neste momento um apelo à “vocação” do país pelo etanol e uma curiosa “re-descoberta” das características verdes desse combustível (até então amplamente esquecidas no debate, posto que a emergência do álcool-combustível nos anos 1970 visava resolver um problema prático da crise do petróleo). Analogamente, a tecnologia *flex-fuel*, paradigma nacional e cuja inovação principal era a potencial economia para o consumidor, foi prontamente repaginada como aliada da descarbonização uma vez conjugada à tecnologia híbrida.

Outros pontos de destaque envolvem, por fim, a usabilidade tecnológica dos VEs e a cultura dos consumidores diante destas inovações. Questões como a provisão de energia elétrica e a infraestrut-

tura de recarga incipiente em nível urbano e, sobretudo, rodoviário, levantavam dúvidas quanto à autonomia das baterias. Outras indagações faziam referência a questões cotidianas, como o acesso a autopeças e a oficinas especializadas, além da possível desvalorização dos VEs em um cenário pessimista em que a tecnologia não se massificasse, o que geraria prejuízos para seus consumidores iniciais. Diante dessas incertezas, Pablo di Si, então presidente da VW, usou a metáfora da *jabuticaba* (i.e., da singularidade brasileira) para sinalizar a confiança em um futuro automotivo *descarbonizado*, chancelando o apoio da indústria à solução tipicamente brasileira: os híbridos-flex.

O pano de fundo desta controvérsia, como era de se esperar, não dizia respeito somente à maturação tecnológica e preferências dos consumidores, mas às estratégias organizacionais das firmas incumbentes e desafiantes. No horizonte, o que estava em questão eram tanto temores quanto aos efeitos da regulação do PROCONVE (em particular a fase L8) e aos novos padrões de emissão aceitos nacionalmente, quanto (e sobretudo) à iminente chegada de firmas chinesas “invasoras”, que logo se tornaram desafiantes de peso, como a *Build Your Dreams* (BYD) e a *Great Wall Motors* (GWM). Já nascidas sob o paradigma da eletrificação, tais firmas também gozaram do conjunto de medidas regulatórias e institucionais delineadas desde a década passada. Na recuperação pós-pandemia, ambas começaram seu avanço por meio da importação agressiva de VEs, obtendo êxito imediato e despertando a fúria das incumbentes.

Incapazes de conter esse avanço dos VEs chineses no período 2022-2023, as firmas incumbentes se empenharam com forte *lobby* para que a ordem de forças no mercado nacional fosse resguardada. Para isso, mostrou-se crucial definir o tipo de tecnologia a priorizar para receber os incentivos da política industrial do setor. Com o fim da primeira fase do Rota 2030 previsto para 2022, além da necessidade de desenvolver um novo marco regulatório em 2023, o programa foi reformulado. Sob a gestão do governo Luiz Inácio Lula da Silva, historicamente vinculado ao setor, preocupado com o desenvolvimentismo nacional e atento à eventual perda de postos de trabalho pela importação de veículos, a nova política teve como ponto nevrálgico a adoção, inédita no mundo, da metodologia de mensuração de emissões *do poço à roda*. Neste sentido, tanto os incumbentes quanto o governo se colocaram de acordo sobre a importância dos biocombustíveis.

Esse movimento foi crucial para que as firmas incumbentes emplasassem os híbridos-flex nacionais como solução *descarbonizante*, enquanto aumentavam a janela de transição para a *eletrificação*. Com isso, foram anunciados investimentos fabris bilionários para os anos seguintes. Em paralelo, foram negociados o eventual fim dos incentivos à importação e ao consumo de VEs e a vinda efetiva das montadoras chinesas para o Brasil – de modo que pudessem participar segundo as regras e os custos impostos às demais montadoras, o que vem se concretizando recentemente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As recentes transformações da indústria automotiva brasileira constituem um caso particularmente interessante para analisar mudanças tecnológicas sob as lentes das permanências (paradigmas, graus de plasticidade, trajetórias). Em nossa leitura, o ponto principal é enfatizar que as inovações tecnológicas não determinam as mudanças socioeconômicas engendradas, tampouco são essencialmente causadas por fatores econômicos. Ao menos no caso estudado, as tecnologias certamente não determinaram os rumos do processo (ainda em curso). Antes, esses rumos foram definidos socioeconomicamente pelos agentes e pelas instituições ao longo do tempo.

Mais especificamente, destacamos que as inovações técnicas e seus apelos funcionais não necessariamente ativam a demanda por suas características intrínsecas, tampouco explicam por si só

a rápida adesão aos VEs. Esses veículos, cuja disseminação se mostrava impensável há dez anos, hoje rumam à consolidação que vai bem além de um nicho de mercado. *Como* precisamente estas tecnologias se tornaram viáveis, e *quais* delas foram priorizadas ou preteridas, dentre o rol de possibilidades existentes (Quadro 1), dependeu e continua a depender de escolhas e mudanças que estas trazem consigo, mas também das permanências manifestas em uma trajetória dependente, que produziu um condicionamento ativo a reforçar a importância dos biocombustíveis.

Na trajetória brasileira, é notório o histórico de experimentação bem-sucedida com combustíveis alternativos, primeiro com o etanol e, mais recentemente, com os *flex-fuel*, essenciais para a eleição dos híbridos-*flex* como resposta aos VEs chineses. Cabe mencionar que esta trajetória não foi articulada de forma evolutiva e clara pelos agentes envolvidos. Como revelou um dos engenheiros da *BOSCH*¹⁶ responsáveis pelo desenvolvimento dos *flex-fuel*, tal tecnologia, concebida nos anos 1990, por pouco não foi descartada, o que teria implicações relevantes, se pensarmos contrafactualmente. Contingências como estas nos levam a ponderar acerca dos rumos sempre incertos da história, muito embora reconheçamos o peso cumulativo e explicativo das permanências e continuidades observadas.

A estratégia das firmas incumbentes e de outros agentes centrais envolvidos, como o Governo Federal e os sindicatos, perpassou a resolução de problemas tecnológicos complexos. Além disso, envolveu disputas narrativas tipicamente sociais sobre o que significa um automóvel “verde” e qual contribuição o Brasil pode ou deve oferecer em matéria de sustentabilidade no setor de transportes no marco de uma transição energética “justa”. Neste sentido, foi crucial “redescobrir” a faceta ecológica do etanol por meio da captura de carbono no plantio de cana-de-açúcar. Isso prova que, por vezes, as inovações tecnológicas e os problemas ambientais dizem muito mais respeito aos modos pelos quais os enquadrámos em um contexto social de referência mais amplo.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao financiamento que viabilizou a pesquisa de Doutorado que deu origem a este artigo, em particular as bolsas do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE) nº 88881.846287/2023-01, concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); e abolsa Doutorado Nota 10 nº E-26/201.324/2023, concedida pela Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ). A segunda autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado (portaria CAPES Nº 133/2023) que permitiu a escrita do artigo. Os autores agradecem aos professores José Ricardo Ramalho e Rodrigo Salles Pereira dos Santos (ambos do PPGSA-UFRJ), coordenadores do Núcleo de Pesquisas Desenvolvimento, Trabalho e Ambiente (DTA) cujos recursos, atividades e debates contribuíram com a discussão da pesquisa da qual o artigo é fruto

Financiamento

CAPES e FAPERJ

¹⁶ Como relata o engenheiro Besaluel Botelho, “Fiquei praticamente 10 anos batendo nas portas das montadoras, dos clientes e do governo para dar uma chance à tecnologia flex porque acreditávamos nas vantagens que ela oferecia para a montadora e para o consumidor final, que teria o benefício da escolha na hora de abastecer” (Matsubara, 2023), evidenciando que a “[...] inovação é um processo coletivo que progressivamente envolve outros agentes de mudança: fornecedores, distribuidores e muitos outros, inclusive consumidores” (Perez, 2009, p. 6).

Disponibilidade dos dados

Os dados que fundamentam este artigo podem ser encontrados na tese de doutorado disponível em: https://www.researchgate.net/publication/400024462_A_estrada_verde_a_socioeconomia_da_producao_e_dos_mercados_de_veiculos_eletrificados_no_Brasil_e_no_Mexico.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO – ABVE. ABVE Data. **ABVE**, 2025. Disponível em: <https://abve.org.br/abve-data/>. Acesso em: 1 jun. 2025.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. Quais são os tipos de veículos eletrificados? **ANFAVEA**. [S.d.]. Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/quais-sao-os-tipos-de-veiculos-eletrificados/>. Acesso em: 28 maio 2026.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. **O caminho da descarbonização do setor automotivo no Brasil**. [S. l.]: [S. n.], 2021. Disponível em: <https://anfavea.com.br/docs/apresentacoes/APRESENTA%3%87%3%83O-ANFAVEA-E-BCG.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2023.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. História da indústria automotiva brasileira. **ANFAVEA**. 2022. Disponível em: <https://anfavea.com.br/site/historia-da-industria-automotiva/>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- BARZELAY, Michael. **The Politicized Market Economy: Alcohol in Brazil's Energy Strategy**. 1a ed. California: University of California Press, 1986. 314 p. DOI: <https://doi.org/10.2307/jj.2430460>. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/10.2307/jj.2430460>. Acesso em: 16 fev. 2025.
- BIGGART, Nicole Woolsey; LUTZENHISER, Loren. Economic Sociology and the Social Problem of Energy Inefficiency. **American Behavioral Scientist**, [S. l.], v. 50, n. 8, p. 1070-1087, 1 abr. 2007. DOI: 10.1177/0002764207299355. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0002764207299355?_cf_chl_f_tk=eb.goDdXhQ3tX0ZQjR7ji-1g7P0e30glqsbOXnWdi2Xc-1782847268-1.0.1.1-97jf9xcEveQ1q40tzy2RjBCxZVpta8h2Klrf239NmN0. Acesso em: 18 nov. 2023.
- BLOCK, Fred; SOMERS, Margaret R. **The power of market fundamentalism: Karl Polanyi's critique**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 2014. 296 p.
- BRILAS, Alexios; TRAGOU, Elena; PAPACHRISTOPOULOS, Konstantinos. Introduction to Qualitative Data Analysis and Coding with QualCoder. **American Journal of Qualitative Research**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 19-31, 2023. DOI: 10.29333/ajqr/13230. Disponível em: <https://www.ajqr.org/download/introduction-to-qualitative-data-analysis-and-coding-with-qualcoder-13230.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2024.
- BRANDÃO, Vinícius Henrique; LIMA, Raphael Jonathas da Costa. Dinâmicas de poder na indústria automotiva: uma análise das políticas de eletrificação. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, Curitiba, v. 14, n. 1, p. 1-16, 13 fev. 2025. DOI: 10.23900/2359-1552v14n1-68-2025. Disponível em: <https://journalppc.com/RPPC/article/view/1545/944>. Acesso em: 18 abr. 2025.
- BRICENO-GARMENDIA, Cecilia; QIAO, Wenxin; FOSTER, Vivien. **The Economics of Electric Vehicles for Passenger Transportation**. Washington, D.C.: The World Bank, 24 maio 2023. 253 p. (Sustainable Infrastructure Series). DOI: 10.1596/978-1-4648-1948-3. Disponível em: <http://elibrary.worldbank.org/doi/book/10.1596/978-1-4648-1948-3>. Acesso em: 7 nov. 2023.
- CALLON, Michel; MILLO, Yuval; MUNIESA, Fabian. (Orgs.). **Market devices**. Malden, MA: Blackwell Pub, 2007. 318 p.
- DAVID, Paul A. Clio and the Economics of QWERTY. **The American Economic Review**, [S. l.], v. 75, n. 2, p. 332-337, 1985.
- DIMAGGIO, Paul J.; POWELL, Walter W. A gaiola de ferro revisitada: isomorfismo institucional e racionalidade coletiva nos campos organizacionais. **Revista de Administração de Empresas**, [S. l.], v. 45, n. 2, p. 74-89, 2005. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rae/article/download/37123/35894>. Acesso em: 31 out. 2018.
- DOSI, Giovanni. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 147-162, 1982. DOI: 10.1016/0048-7333(82)90016-6. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0048733382900166?via%3Dihub>. Acesso em: 2 nov. 2018.

DOSI, Giovanni; ORSENIGO, Luigi; LABINI, Mauro Sylos. Technology and the Economy. In: SMELSER, Neil J.; SWEDBERG, Richard. (Eds.). **The Handbook of Economic Sociology**. 2. ed. Princeton, N.J.; Nova Iorque: Princeton University Press, 2005, p. 678-702.

EBNER, Alexander. Innovation in economic evolution: Reintroducing Schumpeterian thought to current advances in economic sociology. **Current Sociology**, [S. l.], v. 73, n. 2, p. 262-280, 1 mar. 2025. DOI: 10.1177/00113921241271850. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/00113921241271850>. Acesso em: 11 jan. 2026.

FLIGSTEIN, Neil. Markets as Politics: A Political-Cultural Approach to Market Institutions. **American Sociological Review**, [S. l.], v. 61, n. 4, p. 656-673, 1996. DOI: 10.2307/2096398. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2096398>. Acesso em: 06 mar. 2023.

FLIGSTEIN, Neil. **The Architecture of Markets: An Economic Sociology of Twenty-first-century Capitalist Societies**. [S. l.]: Princeton University Press, 2002. 288 p.

FOURCADE, Marion. Cents and Sensibility: Economic Valuation and the Nature of "Nature". **American Journal of Sociology**, [S. l.], v. 116, n. 6, p. 1721-1777, 2011. DOI: 10.1086/659640. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/full/10.1086/659640>. Acesso em: 21 mai. 2024.

GARCIA, Sandro Ruduit; CARNEIRO, Marcelo Sampaio. Inovação, mercados e políticas: estudos de caso e experiências internacionais. **Revista Pós Ciências Sociais**, São Luís, Maranhão, v. 18, n. 2, p. 239-244, n. 2, 2021. DOI: 10.18764/2236-9473.v18n2p239-244. Disponível em: <https://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/rpcsoc/article/view/16842>. Acesso em: 9 jul. 2024.

GARCIA-PARPET, Marie France. A construção social de um mercado perfeito: o caso de Fontaines-en-sologne. **Estudos Sociedade e Agricultura**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 5-44, 2003. Disponível em: <https://revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/229>. Acesso em: 7 nov. 2020.

GENSCHEL, Philipp. Path-dependence. In: BECKERT, Jens; ZAFIROVSKI, Milan. (Eds.). **International encyclopedia of economic sociology**. 2. ed. Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon; New York: Routledge, 2011. p. 507-509.

GERRING, John. **Case Study Research: Principles and Practices**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 265 p.

GHEZZI, Simone; MINGIONE, Enzo. Embeddedness, Path Dependency and Social Institutions: An Economic Sociology Approach. **Current Sociology**, [S. l.], v. 55, n. 1, p. 11-23, jan. 2007. DOI: 0.1177/0011392107070131. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0011392107070131?_cf_chl_f_tk=AnaSk6JYdouEjhFuj4fUQ6gG0EcyifR-grC5vXh3oweA-1782856424-1.0.1.1-gExnSSTKFVCYb55DE_tBwj4LskkyjaOJjh7GrD2xh94. Acesso em: 19 set. 2023.

GRANOVETTER, Mark; SWEDBERG, Richard (org.). Introduction to the third edition. **The sociology of economic life**. Boulder, CO: Westview Press, 3. ed, 2011. p. xiii-xli.

IZO, Alexandre. Toyota Corolla híbrido flex será fabricado em São Paulo e chega esse ano. **Autoesporte**. 17 abr. 2019. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/carros/noticia/2019/04/toyota-corolla-hibrido-flex-sera-fabricado-em-sao-paulo-e-chega-esse-ano.ghtml>. Acesso em: 11 jul. 2023.

JOAS, Hans; KNÖBL, Wolfgang. **Social Theory: Twenty Introductory Lectures**. 1. ed. Nova Iorque (EUA): Cambridge University Press, 2009. 618 p.

LIMA, Raphael Jonathas da Costa; SANTOS, Rafael Carvalho dos. Forjando a política automotiva brasileira: incumbentes e desafiantes na construção do programa INOVAR-AUTO. **Revista Pós Ciências Sociais**, São Luís, Maranhão, v. 18, n. 2, p. 355-380, 2021. DOI: 10.18764/2236-9473.v18n2p355-380. Disponível em: <https://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/rpcsoc/article/view/16849>. Acesso em: 2 jan. 2023.

MATSUBARA, Vitor. O que levou a indústria a criar o carro flex no Brasil. **Automotive Business**. 12 abr. 2023. Disponível em: <https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/o-que-levou-a-industria-a-criar-o-carro-flex-no-brasil>. Acesso em: 7 set. 2025.

MERRIAM, Sharan B.; TISDELL, Elizabeth J. **Qualitative research: a guide to design and implementation**. 4. ed. San Francisco, CA: John Wiley & Sons, 2015. 368 p.

MOM, Gijs. **The electric vehicle: technology and expectations in the automobile age**. 1a ed. Baltimore, Md: Johns Hopkins university press, 2013. 440 p.

MOM, Gijs. **The evolution of automotive technology: a handbook**. Warrendale, Pennsylvania: SAE International, 2023. 360 p.

- PELTIER-THIBERGE, Nicolas; REJA, Binyam. Foreword. In: BRICENO-GARMENDIA, Cecilia; QIAO, Wenxin; FOSTER, Vivien. **The Economics of Electric Vehicles for Passenger Transportation**. Washington, D.C.: The World Bank, 2023. p. xiii-xiv. DOI: 10.1596/978-1-4648-1948-3. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/4c73ad87-2972-44e3-942e-cd2e3bb32350/content>. Acesso em: 7 nov. 2023.
- PEREZ, Carlota. Structural change and assimilation of new technologies in the economic and social systems. *Futures*, [S. l.], v. 15, n. 5, p. 357-375, 1983. DOI: 10.1016/0016-3287(83)90050-2.
- PEREZ, Carlota. Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 185-202, 2009. DOI: 10.1093/cje/bep051. Disponível em: <https://academic.oup.com/cje/article-abstract/34/1/185/1699623?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 16 jun. 2024.
- PINCH, Trevor; SWEDBERG, Richard. **Living in a material world: economic sociology meets science and technology studies**. Cambridge (Massachusetts): the MIT Press, 2008. 416 p.
- POLANYI, Karl. A economia como processo instituído. In: POLANYI, Karl. **A Subsistência do Homem e Ensaio Correlatos**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012. p. 293-330.
- RAJPER, Sarmad Zaman; ALBRECHT, Johan. Prospects of Electric Vehicles in the Developing Countries: A Literature Review. *Sustainability*, [S. l.], v. 12, n. 5, p. 1906, 2020. DOI: 10.3390/su12051906. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/5/1906/pdf?version=1583935220>. Acesso em: 11 out. 2024.
- RAMALHO, José Ricardo; SANTOS, Rodrigo Salles Pereira dos. A caminho da descarbonização na indústria automobilística no Brasil: impasses e desafios da proteção aos trabalhadores. In: CONCEIÇÃO, Jefferson José da; TREFIGLIO, Ricardo Pereira; SANTOS, Simona Adriana Banacu dos; DAMASCENO, Wellington Messias. (Orgs.). **Da bomba ao plug: O Brasil, a descarbonização e a indústria automotiva**. São Paulo, SP: Editora Papagaio, 2024. p. 448-462.
- RAPSON, David; MUEHLEGGGER, Erich. **The Economics of Electric Vehicles**. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3386/w29093>. Disponível em: <http://www.nber.org/papers/w29093.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2023.
- REALE, Filippo. Principles of an economic sociology of innovation. *Sociology Compass*, [S. l.], v. 18, n. 7, p. e13247, 2024. DOI: 10.1111/soc4.13247. Disponível em: <https://compass.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/soc4.13247>. Acesso em: 19 mai. 2025.
- SALDAÑA, Johnny. **The coding manual for qualitative researchers**. 3ª ed. Los Angeles ; Londres: SAGE, 2016. 339 p.
- SHAPIRO, Helen. **Engines of Growth: The State and Transnational Auto Companies in Brazil**. Nova Iorque: Cambridge University Press, 1994. 282 p.
- SVERRISSON, Árni. Economic sociology and social studies of technology. *Economic Sociology: European Electronic Newsletter*, Colônia, v. 1, n. 2, p. 8-12, 2000.
- TRIGUEIRO, André; KOVALICK, Roberto. Utilização de carros elétricos cresce lentamente no Brasil. *Jornal da Globo*. 8 fev. 2013. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2013/02/utilizacao-de-carros-eletricos-cresce-lentamente-no-brasil.html>. Acesso em: 20 mar. 2025.
- WALMRATH, Lucas Lemos. **A Estrada Verde: a socioeconomia da produção e dos mercados de veículos eletrificados no Brasil e no México**. 2025. 400 f. Tese de Doutorado em Sociologia - Instituto de Filosofia e Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2025.
- WOLFE, Joel. **Autos and Progress: The Brazilian Search for Modernity**. Estados Unidos: Oxford University Press, 2010. 269 p.
- WOLFFENBÜTTEL, Rodrigo Foresta. O sistema tecnológico do automóvel elétrico e as redes de inovação brasileiras. *Geographia Meridionalis*, Pelotas, Rio Grande do Sul, v. 5, n. 2, p. 153-173, 2020. DOI: 10.15210/gm.v5i2.13685. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/Geographis/article/view/13685/11434>. Acesso em: 21 nov. 2023.
- WOLFFENBÜTTEL, Rodrigo Foresta. Políticas setoriais e inovação: entraves e incentivos ao automóvel elétrico no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*, Campinas, São Paulo, v. 21, n. 00, p. e022017, 2022. DOI: 10.20396/rbi.v21i00.8665264. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8665264/30236>. Acesso em: 21 nov. 2023.

Abstract

Key-Words

Automotive electrification in Brazil: a socio-economic analysis of recent technological changes

Abstract

Brazil is undergoing a rapid transformation with the consolidation of electrified vehicle production and consumption. Drawing on Economic Sociology, we discuss the factors driving this change and how to explain the rapid and unexpected transition towards automotive electrification in Brazil. Methodologically, this is a qualitative case study of the Brazilian automotive sector based on comprehensive secondary and primary sources. The findings reinforce the importance of a socio-economically informed perspective on technological *change* and how institutional *continuities* shape it. In short, the current stage of electrification in Brazil says less about the technologies themselves and more about the strategies, uses, meanings, and frameworks to which they are subject within a context of technological dependency.

Keywords: economic sociology; technology; automotive industry; electrification; Brazil.

Resumen

Palavras Clave

La electrificación automotriz Brasileña: un análisis socioeconómico de las recientes transformaciones tecnológicas

Resumen

Brasil atraviesa una rápida transformación con la consolidación de la producción y del consumo de vehículos electrificados. A partir de la Sociología Económica, discutimos los factores que subyacen a este cambio y cómo se explica la rápida y no anticipada transición hacia la electrificación automotriz en Brasil. Metodológicamente, es un estudio de caso cualitativo del sector automotriz brasileño, basado en fuentes secundarias y primarias exhaustivas. Los resultados refuerzan la importancia de una visión socioeconómicamente informada de los *cambios* tecnológicos y de cómo estos son moldeados por las *permanencias* institucionales. En resumen, la etapa actual de la electrificación brasileña dice menos sobre las tecnologías en sí mismas y más sobre las estrategias, los usos, los significados y los marcos a los que estas están sujetas en una trayectoria tecnológica dependiente.

Palabras clave: sociología económica; tecnología; industria automotriz; electrificación; Brasil.

Histórico

Recebido: Março/26

Primeiro Parecer: Abril/26

Segundo Parecer: Maio/26

Aceito: Junho/26

Revisão Gramatical/Ortográfica e ABNT: Junho/26

Revisado Autor: Julho/26

Publicado: Agosto/26

Equipe Editorial Revista TOMO envolvida no processo editorial deste artigo

Marina de Souza Sartore (Editora-chefe)

Contato: revistatomo@gmail.com