Indústria automotiva em transformação:

eletromobilidade, novas tecnologias e transição justa

Raphael Jonathas da Costa Lima

José Ricardo Ramalho

(organizadores)

ANNABLUME
TRABALHO

COLEÇÃO TRABALHO E CONTEMPORANEIDADE

Direção: Jacob Carlos Lima, Iram Jácome Rodrigues, José Ricardo Ramalho

A coleção Trabalho e Contemporaneidade tem por objetivo reunir livros que abordem questões do mundo do trabalho nos dias de hoje, reconhecendo a diluição das fronteiras entre o trabalho e outras esferas da vida social e a necessidade de criar novos olhares sobre temas clássicos das Ciências Sociais. Pretende estimular o debate e a pesquisa sobre as novas dimensões do trabalho em termos espaciais, organizacionais, identitários e tecnológicos, articuladas em dinâmicas locais e globais, ampliando as possibilidades de abordagens plurais sobre as vicissitudes do trabalho na sociedade contemporânea.

ANNABLUME
TRABALHO

Este livro foi concebido com o objetivo de aprofundar a compreensão dos desdobramentos e das contradições do processo disruptivo atualmente em curso na indústria automotiva, no Brasil e no mundo. Ao longo dos capítulos, são examinadas diversas dimensões de uma transformação complexa, que abrange a eletromobilidade, a Indústria 4.0 e a transição justa. Pode-se afirmar, de forma categórica, que o setor atravessa simultaneamente uma crise e uma inflexão histórica, marcada por rápidas mudanças tecnológicas impulsionadas pela eletrificação, pela descarbonização e pela reorganização das cadeias globais de valor. Diante desse cenário, torna-se fundamental analisar não apenas as estratégias empresariais de adaptação e inovação, mas, sobretudo, refletir sobre seus impactos sociais, territoriais e laborais.

ISBN 978-65-85936-90-3

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecária responsável: Bruna Heller – CRB 10/2348

I42

Indústria Automotiva em Transformação: eletromobilidade, novas tecnologias e transição justa / Organizadores: Raphael Jonathas da Costa Lima, José Ricardo Ramalho. – São Paulo: Annablume, 2026.

502 p. 16 x 23 cm

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-85936-90-3

1. Sociologia do trabalho. I. Lima, Raphael Jonathas da Costa. II. Ramalho, José Ricardo.III. Título.

CDU 316.334.2

Índice para catálogo sistemático:
1. Sociologia do trabalho 316.334.2

Indústria Automotiva em Transformação:
eletromobilidade, novas tecnologias e transição justa

Coordenação editorial
Claudia Moreira

Revisão: Maria Carolina Barcellos

Tradução: Regina Vargas

Capa e arte de capa
Raquel Noronha

Revisão
Tuca Dantas

Diagramação
Fernandes Augusto Castro

Projeto e Produção
Coletivo Gráfico Annablume

Annablume Editora

Área de Sociologia

Conselho Científico
Iram Jácome Rodrigues
Jacob Carlos Lima
José Ricardo Ramalho
Josué Pereira da Silva

1ª edição: fevereiro de 2026

© Raphael Jonathas da Costa Lima e José Ricardo Ramalho - Organizadores

Annablume Editora Comunicação
www.annablume.com.br

SUMÁRIO

PREFÁCIO

Mario Sergio Salerno 9

APRESENTAÇÃO 15

INDÚSTRIA AUTOMOTIVA E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL: novas agendas, novas questões

Raphael Jonathas da Costa Lima e José Ricardo Ramalho 23

PARTE 1
RECONFIGURAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS GLOBAIS E DA CADEIA DE VALOR AUTOMOTIVA 51

TRANSIÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA DA EUROPA ORIENTAL

Petr Pavlínek 53

COMPETÊNCIA INDUSTRIAL DE CLUSTERS LOCAIS: raízes da vantagem competitiva da indústria chinesa de baterias para veículos elétricos

Wei Zhao e Boy Luethje 109

ESTRATÉGIAS DAS MULTINACIONAIS AUTOMOTIVAS EM ECONOMIAS EMERGENTES: a Ford no Brasil e na China

João Assis Dulci e Raphael Jonathas da Costa Lima 169

ADAPTAÇÕES LOCAIS DE UMA ESTRATÉGIA GLOBAL: a implementação da *Reimagine* pela Jaguar Land Rover

Lucas do Amaral Afonso 197

PARTE 2

MUDANÇAS TECNOLÓGICAS, TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E ELETROMOBILIDADE 221

AS REVOLUÇÕES DA FABRICAÇÃO DIGITAL COMO PROJETOS POLÍTICOS E MODISMOS: evidências do setor automotivo

Tommaso Pardi, Martin Krzywdzinski e Boy Luethje 223

A INDÚSTRIA AUTOMOTIVA BRASILEIRA: conquistas, dilemas e desafios para os próximos anos

Roberto Marx, Felipe Ferreira de Lara e Juliano Pelegrina 269

O PAPEL DO REGIME POLÍTICO NA TRAJETÓRIA DE DESCARBONIZAÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA BRASILEIRA

Rodrigo Foresta Wolffenbüttel e Flávia L. Consoni 299

ENTRE A EFICIÊNCIA, A ELETRIFICAÇÃO E A DESCARBONIZAÇÃO: o papel do Estado brasileiro na difusão e regulação da indústria automotiva atual

Lucas Lemos Walmrath 323

PARTE 3
REARRANJO DOS EMPREGOS E RESPOSTAS DOS SINDICATOS ÀS TRANSFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS 345

O SETOR AUTOMOTIVO ITALIANO ENTRE REESTRUTURAÇÃO E TRANSIÇÃO PARA O CARRO ELÉTRICO: os impactos industriais e ocupacionais

Davide Bubbico 347

RESPOSTAS DOS SINDICATOS À INDÚSTRIA 4.0 EM MEIO AO CORPORATIVISMO E À RESISTÊNCIA

Valeria Cirillo, Matteo Rinaldini, Jacopo S. Taccioli e Maria Enrica Virgillito 377

CARROS E A TRANSIÇÃO VERDE: desafios e oportunidades para os trabalhadores europeus

Oya Celasun, Galen Sher, Petia Topalova e Jing Zhou 427

A ERA DA ELETROMOBILIDADE E OS DESAFIOS PARA A AÇÃO SINDICAL NO BRASIL

Wagner Firmino de Santana, Zeíra Mara Camargo de Santana e Jefferson da Conceição 469

SOBRE OS AUTORES 495

PREFÁCIO

Foi com muita satisfação que recebi o convite para fazer este prefácio. Há muitas pessoas que poderiam fazê-lo. Mas, azar, aceitei o desafio. Durante décadas, atuei como pesquisador do setor automotivo, em múltiplas frentes. Uma delas, o DIEESE (Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos — dieese.org.br), e mais particularmente a subseção DIEESE no então Sindicato dos Metalúrgicos de São Bernardo e Diadema (hoje ABC). Aliado a essa frente, pesquisas acadêmicas — meu mestrado na Coppe-UFRJ foi sobre o sistema *just in time*, para entender seu funcionamento, quando era uma exclusividade de poucas empresas japonesas. O doutorado, na Poli-USP, sobre flexibilidade, com vários casos do setor. O avanço acadêmico na Escola Politécnica da USP (sites.usp.br/lgi) me levou ao Gerpisa (Gerpisa.org), uma rede internacional de pesquisa sobre a indústria automobilística e seus trabalhadores que reúne centenas de pesquisadores em todos os cantos do mundo, vários deles com capítulos neste livro.

Sou engenheiro num campo com hegemonia de economistas e sociólogos — Roberto Marx, neste livro, é uma das exceções. A formação e a trajetória formam um certo olhar. Vamos a ele.

Por que você deve ler este livro, já que há tanta coisa para ler, ver, fazer ou não fazer? Um livro pode ser qualificado por dois critérios: quem escreve e sobre o que. Os autores são de primeira qualidade, a começar pelos organizadores. Conheço pessoalmente uma boa parte dos autores; outros conheço de leitura. Estamos bem acompanhados.

Aos temas. A indústria automotiva — ou o complexo automotivo, como preferem alguns economistas — foi, historicamente, *locus* de inúmeras mu-

danças significativas nas maneiras de produzir e de trabalhar. A linha de montagem síncrona na lendária fábrica Ford, as plataformas de veículos e os modelos anuais da General Motors, os grupos semiautônomos da Volvo, o *just in time* da Toyota, o consórcio modular da Volkswagen em Resende (RJ) e os condomínios industriais de várias montadoras no Brasil, a mecanização e a automação e hoje a digitalização (4.0, 5.0...) alavancadas pelo alto volume de produção, digitalização que também está no próprio produto automóvel, promessas de veículos autônomos, "uberização", são alguns exemplos que mudaram a forma de produzir, trabalhar e socializar. E o automóvel continua sendo um bem desejado, ainda que aparentemente menos do que há décadas atrás, símbolo de liberdade individual e de status, a depender do veículo. O automóvel, seja de passeio ou de carga, mudou as cidades, os meios de transporte e a vida privada e coletiva. Nunca é demais discuti-lo.

O carro elétrico é vendido como solução para o meio ambiente, sem muitos questionamentos. Ainda bem que o livro traz várias análises críticas. O cenário atual é claro, até que tempestades ocorram. Há uma enorme pressão pela eletrificação, que simboliza a contemporaneidade e a descarbonização. Mas há particularidades conforme os países, devido às suas peculiaridades de emissões de gases de efeito estufa, estrutura industrial e que tais[1]. Por exemplo, a França tem eletricidade gerada basicamente por reatores nucleares, com baixas emissões de carbono; para atingir suas metas de emissões, foca em quem emite, e transporte passa a ser relevante. Na China, que muda rapidamente, a eletricidade é ainda muito baseada em carvão; o hype de motorização elétrica foi (é) puxado pela forte poluição de algumas de suas imensas cidades, e pela orientação estratégica de disputar a hegemonia num futuro reconfigurado da indústria automotiva.

O Brasil, tema de alguns importantes capítulos no livro (cap 1 – Lima e Ramalho; 4 – Dulci e Lima; 7 – Marx, Lara e Pelegrina; 8 – Wolffenbüttel e Consoni; 9 – Walmrath; 13 – Santana, Santana e Conceição) tem também suas particularidades. Antes de mais nada, de estrutura produtiva. Apesar do grande mercado interno, não é sede de nenhuma montadora, resultado de política explícita do governo Kubitscheck. A eletrificação concentrou

1. SALERNO, Mario S.; MATSUMOTO, Cristiane; AMARAL, Guilherme (2018). Drivers of electro mobility adoption: a contextual analysis. In: *Anais do 26th Gerpisa International Colloquium,* 2018, São Paulo. Who drives the change? New and traditional players in the global automotive sector. Paris: Gerpisa,. p. 1-23. Disponível em https://www.gerpisa.org/node/4403.

nas matrizes (ou em outros centros no exterior) parte da engenharia das multinacionais radicadas no Brasil.

A principal fonte de emissões de gases de efeito estufa no Brasil é relativa ao uso da terra, desmatamento e desflorestamento.[2] A energia elétrica é fundamentalmente hídrica, mas há restrições ambientais à sua ampliação. O país é centro por excelência da motorização *flex* e da produção e distribuição de etanol de cana-de-açúcar. Há pouquíssimos postos de abastecimento para veículos elétricos. Se o mercado é tão potente assim, por que não são instalados mais postos? Será que vale a pena gastar o rico dinheirinho público para viabilizar tais estruturas? É uma falha de mercado, como diriam os economistas mais liberais? É culpa das montadoras, que já têm sua estrutura baseada em motores de combustão interna? Se for, e as chinesas ofertando seus carros elétricos no Brasil?

Por partes. Não é um consenso de que carros elétricos "puros" (BEVs), alimentados exclusivamente por baterias, tenham pegada de carbono "do berço ao túmulo"[2] menor do que os híbridos ou mesmo os de combustão a álcool. Após alguns estudos de consultorias e organizações, cujas metodologias não podem ser avaliadas muito a fundo, começam a surgir textos em revistas (*journals*) respeitadas. Assim, Enio Carvalho e colegas[3] simulam os efeitos de longo prazo (2023-2050) da difusão de veículos elétricos leves no Brasil, concluindo que veículos a combustão (ICEVs) abastecidos com derivados de petróleo têm a maior emissão de gases de efeito estufa por quilômetro rodado, mas os abastecidos com etanol e os híbridos (HEVs) abastecidos com etanol apresentam a menor emissão entre todos, incluindo os elétricos "puros" (BEVs), considerando emissões de produção de energia (p. ex., combustíveis) e ciclo de vida dos produtos. Os diferenciais são de 42% a favor dos abastecidos com etanol (p. 2593-4).

Já Marcelo Antunes Gauto e colegas[4] fazem avaliação do ciclo de vida (*life cycle assessment*) de veículos abastecidos com biocombustíveis ou com eletricidade das matrizes energéticas do Brasil ou Europa, incluindo perdas

2. Pegando toda a cadeia de extração e produção, não só o carro em si.

3. CARVALHO, Enio N.; Brasil Jr, Antônio C. P.; Brasil, Augusto C.M. (2023). Impact of electric vehicle emissions in the Brazilian scenario of energy transition and use of bioetanol. *Energy Reports*, v.10, p.2582-2596. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.09.045

4. GAUTO, Marcelo A.; CARAZZOLLE, Marcelo F.; RODRIGUES, Marilene E.P.; ABREU, Ricardo S.; PEREIRA, Tomaz C.; PEREIRA, Gonçalo A. G. (2023). Hybrid vigor: Why hybrids with sustainable biofuels are better than pure electric vehicles. *Energy for Sustainable Development,* n.76, p.101261. https://doi.org/10.1016/j.esd.2023.101261.

de recarga. Consideram emissões da produção e reciclagem do veículo, da infraestrutura de recarga, da geração e distribuição de eletricidade, de combustíveis e seu uso, e da produção de baterias.

> O estudo mostra que as emissões de GEE calculadas para veículos híbridos que utilizam biocombustíveis são menores do que as observadas para veículos elétricos a bateria (BEVs), mesmo no Brasil, onde a intensidade de carbono da matriz elétrica é baixa em comparação com a maioria dos países. Além disso, mostramos que as emissões de um veículo tradicional com motor de combustão interna, não híbrido, que utiliza biometano, são menores do que as de um BEV. Observou-se também que a combinação de biocombustíveis brasileiros com veículos híbridos resulta em uma maior distância percorrida para cada quilograma de GEE emitido, em comparação com um BEV. A redução da pegada de carbono das baterias metálicas em cenários futuros foi considerada na análise de sensibilidade, a qual indica que os biocombustíveis ainda permanecem como uma opção melhor" (Gauto *et al*., 2023, p.101261-1). [5]

E há muitas experiências interessantes no Brasil com biometano em aplicações agrícolas, e uma possível "volta" do hidrogênio, que foi opção anterior ao elétrico de várias montadoras. Ou seja, há muita discussão a ser feita sobre as opções de mobilidade pensando em redução de emissões de gases de efeito estufa.

Além de emissões, outros pontos centrais são abordados no livro: estratégicas das montadoras, políticas públicas e ação sindical. Vou me ater aos dois últimos.

As políticas brasileiras para o setor são abordadas nos capítulos 7, 8 e 9 da Parte II do livro. Não é segredo que os diversos estados nacionais contam com políticas específicas para o setor automobilístico, chegando até a haver o subsídio direto para a compra de carros elétricos. Contudo, é preciso cautela e caldo de galinha na transposição de políticas de países

5. GHG (*greenhouse gases*): gases de efeito estufa; BEVs (*battery electric vehicles*): veículos alimentados exclusivamente por baterias; *hybrid vehicles* (HEVs): possuem motores a combustão e a bateria. A tipologia será apresentada logo na introdução do livro, mas preciso adiantá-la aqui para não soçobrarmos em siglas.

que concentram as matrizes das montadoras e, portanto, o poder decisório sobre estratégias globais de investimentos, P&D, produtos, modernização industrial e alocação de recursos em geral. Não se trata de xenofobia, de ser contra multinacionais ou coisas do gênero. Mas é sabido que ser sede de produto[6] aumenta a possibilidade de contratações locais, dadas as estratégias de co-design e tierização, com grandes fornecedores que participam do projeto do veículo entregando conjuntos inteiros prontos[7,8]. E, até menção em contrário, com a eletrificação, o Brasil perdeu as poucas sedes de produto que tinha. Não é algo a ser desconsiderado numa política pública; estimular apenas a produção tem alcance muito mais limitado. A questão é que não há empresas brasileiras liderando as cadeias no setor, o que torna a política muito mais difícil, ou menos eficaz.

Outra ebulição diz respeito às mudanças no emprego, no trabalho e nos desafios à ação sindical. Um carro elétrico tem muito menos peças do que um tocado por combustíveis, o que reduz a assim chamada quantidade de trabalho socialmente necessária para sua produção, com evidentes impactos no emprego e na cadeia de suprimentos. Fornecedores com visão estratégica e boa engenharia estão se movendo para diversificar e aproveitar a onda de transição energética, como é o caso notório da Tupy, uma das maiores fundições do mundo (tupy.com.br) — e BEVs consomem muito menos fundidos, pois não têm câmara de combustão, cabeçote, caixa de câmbio...

E tudo isso, obviamente, impacta a ação sindical. Eu diria que mudanças estruturais na produção que antecedem a eletrificação automotiva foram e são determinantes para um certo declínio do poder sindical verificado nos últimos tempos. Historicamente, o setor foi palco de sindicatos fortes e lutas históricas em diversos países. Sindicatos muito fortes cresceram, como o UAW (EUA), IGMetall (Alemanha), Fiom/Fim (Itália) e, no Brasil, os Metalúrgicos de São Bernardo e Diadema (hoje ABC). As greves no final dos anos 1970 e começo dos 1980 ajudaram a mudar o país para melhor com o final da ditadura militar.

6. Ou seja, ter o controle das especificações de engenharia e de sua evolução.

7. DIAS, Ana V. C.; SALERNO, Mario S. (2004). International division of labour in product development activities: towards a selective decentralisation? *International Journal of Automotive Technology and Management,* v. 4, n.2/3, p. 223-239.

8. SALERNO, Mario S.; MARX, Roberto; ZILBOVICIUS, Mauro; DIAS, Ana V. C. (2009). The importance of locally commanded design for the consolidation of local supply chain: the concept of design headquarters. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, v. 16, p. 361-376.

A estrutura produtiva mudou de lá pata cá. Cada fábrica era muito grande, muito verticalizada: a VW chegou a ter cerca de 20.000 trabalhadores na unidade Anchieta, fabricando inclusive os revestimentos dos bancos. A especialização da produção, a terceirização e a desconcentração espacial com fábricas migrando para regiões com menor tradição industrial (*greenfield plants*), atraídas por políticas públicas locais (incentivos fiscais de estados e municípios), a enorme expansão de trabalhadores "por conta própria" sem serem empresários ou profissionais liberais (a chamada "uberização") tiveram impacto profundo no poder sindical, independentemente se o veículo produzido é ICE, HEV ou BEV.

* * *

Uma propaganda de empresa de mudança dos anos 1960 dizia "o mundo gira e a Lusitana roda". As mudanças com eletrificação de veículos e digitalização da indústria não são poucas. Apoiam-se numa trajetória de mudanças anteriores e parecem aprofundá-las.

Daí a importância deste livro. Diferentes visões, diferentes abordagens, diferentes unidades de análise, diferentes contextos nacionais e regionais em tela. Ótimo para abrirmos nossos horizontes.

São Paulo, 14 de janeiro de 2026.

Mario Sergio Salerno

Professor Titular Sênior

Departamento de Engenharia de Produção.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

APRESENTAÇÃO

Este livro foi elaborado com o objetivo de aprofundar a compreensão sobre os desdobramentos e contradições do processo disruptivo que ocorre atualmente na indústria automotiva, tanto no Brasil quanto no mundo. Ao longo dos capítulos, são discutidas diversas dimensões de uma transformação complexa, que envolve eletromobilidade, Indústria 4.0 e as transições justa e verde. É possível afirmar, de forma categórica, que o setor enfrenta simultaneamente uma crise e uma inflexão histórica, marcada por rápidas mudanças tecnológicas impulsionadas pela eletrificação, descarbonização e reorganização das cadeias globais de valor. Diante desse cenário, torna-se essencial analisar não apenas as estratégias empresariais de adaptação e inovação, mas, sobretudo, refletir sobre seus impactos sociais, territoriais e trabalhistas.

A principal premissa adotada é a de que as transformações em curso na indústria automotiva devem ser compreendidas como processos não convergentes. Ou seja, rejeita-se a ideia de que essas mudanças se darão de forma homogênea, no mesmo ritmo e segundo os mesmos termos em distintos contextos institucionais e produtivos. Nos últimos anos, tem-se observado alterações relevantes nas arquiteturas industriais globais, com destaque para o protagonismo crescente da China e para o debate em torno de alternativas tecnológicas, como os veículos híbrido *flex* e elétricos. Esses fatores geram novos desafios e trajetórias de dependência, especialmente para economias periféricas e semiperiféricas, como a brasileira.

A questão que nos motivou — e que certamente continuará a orientar as reflexões nos próximos anos — diz respeito a saber se a transição para a eletromobilidade pode, de fato, configurar uma oportunidade de *upgra-*

ding produtivo e inclusão econômica ou se, ao contrário, tende a aprofundar processos históricos de especialização regressiva, desindustrialização e vulnerabilidade tecnológica. Trata-se de um momento particularmente oportuno para a formulação desse questionamento. Nesse sentido, o livro está estruturado de modo a abordar, de forma crítica e multifacetada, as seguintes dimensões:

- A reconfiguração produtiva global e o papel dos diferentes arranjos institucionais e regionais.
- A especificidade do caso brasileiro, seus dilemas históricos de dependência, suas estratégias políticas recentes (Inovar-Auto, Rota 2030, Programa MOVER) e o debate em torno do híbrido *flex* como solução de compromisso.
- Os impactos sobre o emprego, o trabalho e os territórios produtivos consolidados, com ênfase na discussão sobre a transição justa e sobre as estratégias sindicais diante das ameaças e oportunidades geradas pela digitalização, automação e novas cadeias produtivas.
- As possibilidades de articulação entre políticas industriais, ambientais e de proteção social, defendendo que qualquer projeto consistente de renovação industrial exige, necessariamente, a ampliação do diálogo entre Estado, empresas, sindicatos e sociedade civil.

O capítulo inicial de nossa coletânea foi pensado de modo a oferecer um panorama teórico e empírico da transição energética em curso, situando o leitor diante das principais controvérsias científicas e políticas que atravessam o tema. Na sequência, os capítulos dedicam-se à análise de casos específicos, de atores, de regiões e de agendas complementares, articulando experiências internacionais com o contexto brasileiro. Para tanto, foram mapeados e reunidos autores e trabalhos recentes que expressam o estado da arte dos debates nacionais e internacionais.

No Brasil, uma das discussões mais relevantes atualmente diz respeito à retomada dos investimentos das montadoras em novas plantas industriais, fenômeno diretamente associado às políticas públicas recentemente implementadas para o setor automotivo. Desde o lançamento do programa Inovar-Auto, em 2012, observa-se uma renovação do interesse acadêmico,

especialmente nas áreas de Ciências Sociais e Sociais Aplicadas, pela dinâmica do setor no país. Nesse contexto, políticas como o Inovar-Auto, o Rota 2030 e o Mover têm recebido atenção especial, assim como os esforços para compreender o papel do Brasil em uma cadeia de valor global cada vez mais integrada e competitiva. Ao promoverem incentivos à inovação e à sustentabilidade, esses programas buscam contribuir para o reposicionamento do país frente aos desafios tecnológicos e econômicos que marcam a indústria automotiva internacional.

A seleção da literatura internacional que fundamenta esta coletânea buscou reunir análises recentes sobre temas como o protagonismo chinês na cadeia de valor das baterias e os impactos da eletromobilidade já observados na Europa. Incorporar essa literatura estrangeira tem um caráter pedagógico, na medida em que indica caminhos investigativos e metodológicos para pesquisadores brasileiros, ao mesmo tempo em que favorece o diálogo entre experiências internacionais e ilumina os desafios específicos do setor no Brasil. A partir dessa perspectiva, o livro organiza-se em três partes.

A Parte I reúne quatro capítulos que oferecem um panorama multifacetado das transformações recentes na indústria automotiva global. Esses capítulos articulam análises sobre a reestruturação produtiva, as estratégias adotadas por empresas multinacionais e os impactos de novos paradigmas tecnológicos, como a eletrificação e a digitalização, em diferentes regiões do mundo. Em particular, os capítulos 2 e 3 examinam situações contrastantes: enquanto a Europa Oriental permanece em uma posição periférica na cadeia automotiva europeia, marcada por baixa autonomia produtiva e forte dependência dos Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs), a China consolida sua liderança global, impulsionada pelo protagonismo na cadeia de valor das baterias, pela densidade de seus clusters regionais e pela implementação de políticas industriais robustas. Essa comparação evidencia como distintos contextos institucionais e estratégias nacionais moldam trajetórias diferenciadas na transição para veículos eletrificados.

Os capítulos 4 e 5 analisam a forma como empresas tradicionais do setor automotivo vêm reinterpretando suas estratégias diante das crescentes pressões associadas à sustentabilidade, à eletrificação e à digitalização. Essas organizações passam a negociar diretrizes globais em diferentes cenários institucionais, ajustando suas decisões aos distintos arranjos produtivos locais. Entre os movimentos examinados, destacam-se processos de desinvestimento, diversificação de portfólio, transferência de inovação

e redesenho das cadeias globais de valor. Em conjunto, tais dinâmicas evidenciam a complexidade dos desafios enfrentados pelas firmas na busca por competitividade e adaptação às novas exigências do mercado.

A Parte II reúne quatro capítulos que demonstram como a transição tecnológica na indústria automotiva é profundamente moldada por decisões políticas. O capítulo 6, em particular, propõe uma análise crítica das chamadas "revoluções tecnológicas", como a Indústria 4.0, problematizando a noção de que seus efeitos seriam inevitáveis e uniformes. Ao revisitar a história recente do setor, o texto demonstra que projetos ambiciosos, como a automação integral das linhas de produção, não se concretizaram conforme prometido, revelando limites e tensões decorrentes de distintos contextos institucionais e políticos. Essa abordagem permite compreender que o avanço tecnológico não resulta apenas de inovações técnicas, mas depende também de escolhas estratégicas por parte de governos e empresas, especialmente em países como o Brasil, onde políticas públicas desempenham papel central na definição dos rumos do setor.

Os capítulos seguintes aprofundam a análise da transição energética, da digitalização e da eletromobilidade no contexto brasileiro. Embora os autores apresentem posições distintas quanto ao grau de otimismo em relação aos impactos dessas transformações sobre o meio ambiente, a mobilidade e o mercado de trabalho, há consenso em torno do papel historicamente central do Estado brasileiro na definição e condução desses processos. O capítulo 7 ressalta que a atual reconfiguração da indústria automotiva e de sua cadeia de valor impõe desafios significativos à estrutura industrial e à economia nacional. Ao mesmo tempo, à semelhança do que ocorreu nos anos 1970 com o programa Proálcool, o país tem hoje uma oportunidade estratégica para converter seus recursos naturais em vantagens competitivas na corrida global pela eletrificação.

O capítulo 8 examina os principais instrumentos de política pública adotados pelo governo federal para o setor automotivo ao longo das últimas décadas, destacando como a agenda global de descarbonização vem promovendo mudanças significativas no regime político brasileiro, tradicionalmente resistente a grandes inovações tecnológicas. Já o capítulo 9 enfatiza o papel central do Estado na definição das diretrizes tecnológicas do setor e demonstra que o avanço da eletrificação tem sido impulsionado por um consenso entre os principais atores do setor, especialmente a Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), que apoia

a expansão dos veículos híbridos como estratégia para acelerar o processo de descarbonização no Brasil.

A Parte III do livro dedica-se à análise dos impactos das transformações ligadas à descarbonização e eletrificação, com especial atenção às mudanças nos postos de trabalho das linhas de montagem e aos desafios enfrentados pelos sindicatos. No capítulo 10, examina-se a crise recente da indústria automotiva italiana, motivada por fatores como a transição tecnológica e a reestruturação de grupos tradicionais, como a FIAT. Esses processos têm resultado em retração da produção e do emprego, principalmente na cadeia de suprimentos. Já o capítulo 11 analisa como a incorporação da Indústria 4.0 — caracterizada pelo aumento da automação, da digitalização e da interconexão — influencia as estratégias de atuação sindical, discutindo de que forma os sindicatos podem intervir nos processos de adoção de novas tecnologias e quais os efeitos dessa participação sobre a organização e ação coletiva dos trabalhadores.

O capítulo 12 concentra-se no contexto europeu, apresentando evidências empíricas sobre os impactos da transição para veículos elétricos (EVs) sobre o emprego na União Europeia. Analisa os custos transitórios associados ao ajuste tecnológico da força de trabalho e avalia em que medida as políticas públicas voltadas à realocação setorial e à promoção de *green jobs* têm sido eficazes na mitigação dos efeitos decorrentes da substituição dos veículos a combustão interna pelos elétricos.

O capítulo 13 volta-se ao cenário brasileiro, examinando o esforço estratégico das entidades sindicais para a preservação do emprego diante da transição para veículos eletrificados. Destaca-se, nesse contexto, a atuação do Sindicato dos Metalúrgicos do ABC (SMABC) e a defesa de uma "Transição Justa", orientada à mitigação das perdas de postos de trabalho por meio da requalificação profissional e da priorização da produção de veículos híbridos flex.

****

Este livro é também o resultado de mais de três décadas de pesquisa sobre o setor automotivo, com destaque para o polo automotivo do Sul Fluminense. Embora essa região não seja objeto de análise direta em todos os capítulos, ela constitui o pano de fundo de uma vasta produção empírica desenvolvida, ao longo das últimas décadas, por pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Universidade Federal Fluminense (UFF). Nesse percurso, merece destaque o trabalho integrado dos

grupos de pesquisa *Brazilian Research in Auto Industry* (BRAIN)/UFF e *Desenvolvimento, Trabalho e Ambiente* (DTA)/UFRJ[1].

Pesquisadores envolvidos nesses grupos dedicaram-se, inicialmente, ao desenvolvimento de análises metodologicamente diversas sobre o enraizamento de empresas multinacionais no território fluminense, processo que teve início com a instalação do Consórcio Modular da Volkswagen, em Resende (RJ), em meados dos anos 1990. Desde então, outras quatro montadoras e alguns fornecedores seguiram os passos da empresa alemã, contribuindo para a conformação de um dos principais polos automotivos do país, marcado por heterogeneidade produtiva, dada a diversidade de veículos fabricados — caminhões, ônibus, SUVs, modelos de entrada e, mais recentemente, modelos híbridos. O Sul Fluminense constituiu, assim, uma referência central na concepção deste projeto, na medida em que será irremediavelmente impactado pelas transformações aqui assinaladas.

Por fim, diante dos desafios impostos pela eletromobilidade, esperamos que este livro contribua de forma efetiva para o debate acadêmico, a elaboração de políticas públicas e o fortalecimento da ação coletiva entre os diversos atores sociais e econômicos. Nosso objetivo vai além de oferecer respostas definitivas: buscamos estimular novas perguntas, aprofundar dilemas e apontar caminhos para um desenvolvimento industrial que seja, ao mesmo tempo, sustentável, justo e inovador. Convidamos o leitor a participar desse diálogo e a construir, junto conosco, soluções para os desafios do setor.

Agradecimentos

A realização desta obra só foi possível graças ao apoio institucional e financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ). É também parte do projeto editorial do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Trabalho, Inclusão e Equidade. Ao longo das últimas décadas, essas agências têm desempenhado papel

1. Aqui queremos fazer uma referência e um agradecimento aos inúmeros colegas pesquisadores desses grupos de pesquisa que participaram regularmente dos debates sobre o tema, entre eles os professores Bianca Vasconcellos, Cristiano Monteiro, Gustavo Bezerra, Marina Cordeiro, Rodrigo Santos e Sabrina Moura, os discentes Ana Claudia Bessa, Diego Maggi, Fernanda Cavalcante, Girlan Ramos, Hugo Jatobá, Leonardo Aucar, Luane Bello, Marcio Barbosa, Rafael Tinoco, Tarik Hamdan e Vinícius Brandão, além do apoio técnico de Angela Maria Dias da Rocha. Estendemos nossos agradecimentos aos colegas Iram Jácome Rodrigues e Mario Henrique Ladosky, entusiastas desta agenda de pesquisa.

fundamental no incentivo à pesquisa, com destaque ao compromisso e ao entusiasmo da FAPERJ no apoio às investigações sobre o setor automotivo, reconhecendo sua importância estratégica para o estado do Rio de Janeiro.

Cabe também registrar a gratidão ao Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA) e ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia (PPGS), ambos da Universidade Federal Fluminense (UFF), e ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia (PPGS) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), pelo apoio à participação em eventos acadêmicos e a outras atividades que contribuíram para a maturação do projeto que resultou neste livro. E ao Instituto de Ciências Humanas e Sociais de Volta Redonda (ICHS), igualmente vinculado à UFF, que disponibilizou a infraestrutura necessária para o desenvolvimento das atividades de pesquisa.

Somos gratos aos diversos colegas brasileiros, que gentilmente contribuíram com textos inéditos para a coletânea: Felipe Ferreira de Lara, Flávia L. Consoni, Jefferson José da Conceição, João Assis Dulci, Juliano Pelegrina, Lucas do Amaral Afonso, Lucas Lemos Walmrath, Roberto Marx, Rodrigo Foresta Wolffenbüttel, Wagner Firmino de Santana e Zeíra Mara Camargo de Santana.

Da mesma forma, agradecemos aos autores estrangeiros, especialistas que acompanham há anos o setor automotivo, por suas contribuições para ampliar as fronteiras da pesquisa no Brasil: Boy Luethje, Davide Bubbico, Galen Sher, Jacopo Staccioli, Jing Zhou, Maria Enrica Virgillito, Martin Krzywdzinski, Matteo Rinaldini, Oya Celasun, Petia Topalova, Petr Pavlínek, Tommaso Pardi, Valeria Cirillo e Wei Zhao.

Estendemos nosso reconhecimento aos periódicos que originalmente publicaram os artigos dos autores estrangeiros: *IMF Working Papers, PSL Quarterly Review, Empirica, World Electric Vehicle Journal, ILO Working Paper e Edizioni Ca' Foscari de Veneza*. A autorização para tradução e republicação, bem como as atualizações realizadas especialmente para este livro — como nos capítulos de Davide Bubbico e Petr Pavlínek —, foram essenciais para integrar perspectivas internacionais ao contexto brasileiro.

A tradução dos artigos representou, sem dúvida, o maior desafio deste projeto, exigindo não apenas rigor técnico na revisão, mas também o apoio de avançados *softwares* de inteligência artificial, como Perplexity, ChatGPT e Copilot do Office 365. Além disso, destacamos o papel fundamental de Maria Carolina Barcellos Ferreira, responsável pela revisão técnica, e de Regina Vargas, cuja dedicação garantiu uma tradução precisa e cuidadosa.

INDÚSTRIA AUTOMOTIVA E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL: novas agendas, novas questões

Raphael Jonathas da Costa Lima
José Ricardo Ramalho

Introdução

A velocidade com que mudanças tecnológicas e organizacionais vêm ocorrendo nos últimos anos na produção automotiva tem exigido um esforço crescente de investigação e de análise acerca dos rumos desse setor econômico, da localização das atividades industriais e dos impactos sobre o trabalho e o meio ambiente. Essas transformações estão associadas a um processo significativo de transição energética, voltado à descarbonização e à eletromobilidade, o que demanda novas interpretações sobre as estratégias empresariais e a distribuição de valor entre elas. Nosso objetivo neste texto é contribuir para esse debate, examinando a forma como essa agenda vem sendo incorporada no Brasil e apontando questões que deverão orientar as discussões nos próximos anos.

A indústria automotiva global encontra-se em meio a uma profunda reconfiguração, impulsionada pela transição energética e pelo fortalecimento das regulamentações ambientais, que convergem para o avanço da eletrificação veicular. Com plantas cada vez mais modernas, digitalizadas e automatizadas, o setor vem se reconfigurando a partir do protagonismo de players emergentes, em especial os *Original Equipment Manufacturers* (OEMs) chineses e seus fornecedores de componentes e baterias. A China, que anteriormente dependia dos Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs) de corporações norte-americanas, europeias e japonesas, consolidou-se como a principal potência produtora e exportadora de veículos elétricos.

Esse resultado deve-se, sobretudo, à adoção de políticas industriais voltadas ao fomento da transição tecnológica e ao processo de *catching-up* possibilitado pelas *joint ventures* com corporações estrangeiras (Nölke e Clarr, 2013;

Nölke *et al*., 2014). Por outro lado, os centros tradicionais de produção na América do Norte e na Europa, ainda que não tenham passado por um esgotamento, vêm perdendo espaço ou se especializando em segmentos de maior valor agregado, como o desenvolvimento de inovações em produtos — atividades que, entretanto, demandam bem menos postos de trabalho.

Já em países como o Brasil, o cenário é mais preocupante: apesar dos esforços recentes de políticas industriais, como o Inovar-Auto, a Rota 2030 e, mais recentemente, o Programa MOVER, o país enfrenta o enorme desafio de manter sua competitividade nos próximos anos. Essa transição coloca em evidência uma questão central: a eletromobilidade representará uma oportunidade de *upgrading* da inserção brasileira na cadeia automotiva ou, ao contrário, aprofundará processos de dependência, especialização regressiva e desindustrialização?

Nesse sentido, torna-se cada vez mais urgente a construção de uma agenda de discussões sobre os impactos da eletromobilidade na cadeia automotiva brasileira, considerando tanto os veículos leves quanto os pesados e tendo como foco as transformações tecnológicas, organizacionais e territoriais em curso. Pretendemos aqui destacar que a eletromobilidade, frequentemente associada à inovação, à reconfiguração da cadeia de valor e ao próprio artefato tecnológico — o veículo — insere-se em um campo mais amplo: o da mobilidade elétrica. Esta, por sua vez, funciona como um guarda-chuva semântico que engloba não apenas os veículos elétricos, mas também a infraestrutura de carregamento, a regulação e as políticas públicas correspondentes, a integração com os sistemas de energia, além do papel desempenhado por consumidores, territórios e práticas sociais no uso e na adoção dessa tecnologia.

O deslocamento tecnológico impulsionado pelos veículos elétricos e pela consolidação da cadeia de componentes e baterias — especialmente de lítio e outros minerais estratégicos — vem promovendo reconfigurações nos elos produtivos, redefinindo o papel dos fornecedores locais, as exigências de qualificação da força de trabalho e a própria localização das atividades industriais. No Brasil, contudo, essas transformações não são neutras do ponto de vista social ou espacial: atingem diretamente territórios produtivos consolidados, como o ABC Paulista e a região de Betim-MG, ao mesmo tempo em que abrem novas oportunidades — e riscos — em áreas historicamente periféricas da indústria automotiva.

Por fim, mas não menos importante, a agenda de transição energética e tecnológica precisa incorporar de maneira central a preocupação com a preservação de empregos de qualidade nessa indústria. Nesse sentido, conceitos como o de "transição justa" — cada vez mais acionado por entidades como o Sindicato dos Metalúrgicos do ABC (SMABC) — contribuem para dimensionar o lado mais dramático da reestruturação em curso. Às tensões já presentes na pauta ambiental — que podem ser problematizadas diante da crescente extração de minerais essenciais, como o lítio, e dos futuros desafios relacionados ao descarte de baterias — somam-se os efeitos de uma maior centralização da produção em veículos elétricos a bateria (*Battery Electric Vehicles* - BEVs).

A nova arquitetura industrial e o crescente protagonismo chinês

Historicamente, o setor automotivo vem se caracterizando por um contínuo processo de transformação tecnológica, produtiva e organizacional. Desde o clássico estudo de Womack, Jones e Ross (2004), consolidou-se a ideia de um movimento de convergência na indústria, marcado pela aproximação crescente entre as estratégias de lucro das corporações. Tal interpretação, contudo, foi prontamente contestada por autores que se tornaram expoentes da pesquisa sociológica sobre o tema, em especial Boyer e Freyssenet (2001), que ressaltam a necessidade de reconhecer a coexistência de múltiplas estratégias corporativas, bem como a influência de arranjos institucionais distintos que moldam a indústria em diferentes contextos sociopolíticos.

Nesse sentido, a premissa central é de que a indústria automotiva global atravessa, no século XXI, uma metamorfose tão profunda quanto a verificada ao longo do século XX. A diferença fundamental é que, agora, não se trata apenas de uma redefinição dos modos de produção, mas de transformações radicais na própria configuração da cadeia produtiva. Essas mudanças são impulsionadas pelos imperativos ambientais, notadamente a crise climática e a crescente escassez de recursos, que impõem a descarbonização em todas as etapas do processo: desde a extração de matérias-primas até o descarte dos veículos ("do berço ao túmulo"), incluindo o próprio uso ("do poço à roda"), conforme destacam Marx, Lara e Pellegrina (nesta edição, 2025).

Verifica-se também um avanço tecnológico vertiginoso — marcado pela Indústria 4.0, pela inteligência artificial e pelo 5G — acompanhado de

mudanças nas expectativas dos consumidores, com a crescente valorização do automóvel como serviço, em detrimento da simples posse. Para Jacobides *et al*. (2023), o modelo de mobilidade como serviço (*Mobility as a Service* – MaaS), sintetizado na sigla CASE (*Connected, Autonomous, Shared and Electric Vehicle*[1]) (Alochet, 2020), representa a transformação mais disruptiva já ocorrida na história do setor, superando as inovações do fordismo e do modelo japonês, incluindo suas variações, como o toyotismo e o hondismo) (Ramalho, Santos e Lima, 2024). Trata-se de uma mudança que ressignifica o automóvel, deslocando-o de sua condição tradicional de bem de consumo durável para incorporá-lo a novas tendências de uso como serviço.

Entre as transformações em curso, destaca-se a crescente influência das empresas de tecnologia nas parcerias firmadas com as montadoras tradicionais, visando constituir redes de inovação voltadas para a infraestrutura de conectividade, autonomia e a transição de *Internal Combustion Engine* (ICEs) para BEVs (Jacobides *et al*., 2023). Para esses autores, as montadoras incumbentes não são totalmente deslocadas do processo de inovação do ecossistema da mobilidade, embora também não o controlem integralmente. Parte-se da premissa de que não se trata apenas de uma disrupção associada à ascensão dos veículos elétricos movidos a baterias (BEVs), mas de uma transformação mais ampla, que redefine o próprio sentido da mobilidade. Nesse contexto, as inovações revelam-se menos modulares do que comumente se supõe e não apontam, necessariamente, para uma perda de protagonismo das empresas incumbentes.

Mercados como o automotivo mantêm uma relação ambígua com movimentos disruptivos — como crises e inovações — que ameaçam sua estabilidade ao possibilitar a entrada de novos atores capazes de reconfigurar o setor ou mesmo criar outros mercados, seja por meio de novos produtos, seja pela redução de custos (Fligstein e Dauter, 2012; Fligstein, 2021). Segundo Jacobides *et al.* (2016), em contextos de transições disruptivas, como o atual, ocorre uma verdadeira corrida entre os principais atores para controlar elementos centrais da arquitetura industrial e ampliar sua capacidade de influenciar os modos pelos quais o valor é gerado e capturado. Paralelamente, no interior desse processo de transformação tecnológica, verifica-se a atuação de governos — em níveis nacional, regional e municipal — que, pressionados por uma transição mais rápida, têm recorrido a instrumentos

1. Ou veículo conectado, autônomo, compartilhado e elétrico.

como "cronogramas faseados, mandatos de produção, metas de vendas de curto prazo e incentivos financeiros (subsídios, créditos fiscais e taxas reduzidas para consumidores), além de exigências vinculadas à nacionalização para manufatura e ao conteúdo doméstico para veículos, componentes e matérias-primas" (Jacobides *et al*., 2016).

Não obstante, críticos como Pardi *et al*. (nesta edição) sustentam que as visões que apresentam fábricas inteligentes conectadas — com automação total, robôs e inteligência artificial — como inevitáveis, são, na verdade, projetos políticos que ocultam incertezas quanto a seus impactos sociais, em especial sobre o emprego. Argumentam que conceitos como Indústria 4.0 — uma combinação entre alto grau de automação, digitalização e interconexão (Cirillo *et al*., nesta edição) —, Manufatura Avançada e "*Made in China* 2025" configuram-se menos como previsões cientificamente fundamentadas e mais como estratégias políticas e "modas", concebidas para atrair investimentos e influenciar expectativas. Muitas dessas projeções funcionam, portanto, como "profecias autorrealizáveis", mobilizando investimentos para viabilizar a difusão das próprias tecnologias.

Na avaliação de Pardi *et al*. (nesta edição), a análise histórica do setor automotivo pioneiro na adoção de novas tecnologias de produção — evidencia que tentativas anteriores de promover automação extensiva da montagem final fracassaram, uma vez que a organização do trabalho em equipes mostrou-se mais flexível e eficiente. Além disso, os fatores históricos que impulsionaram ondas anteriores de automação, como grandes lacunas de produtividade ou escassez de mão de obra, não se verificam no presente. Pelo contrário, entre os anos 2000 e 2010, o nível de automação se estabilizou, tanto em razão da abundância de mão de obra barata em países emergentes quanto da crescente complexidade dos produtos, mantendo distante a perspectiva de fábricas totalmente automatizadas.

A despeito das incertezas que cercam a factibilidade e a intencionalidade de grande parte das inovações tecnológicas no setor, o presente já evidencia que a ascensão dos veículos elétricos (EVs[2]) vem reconfigurando a geopolítica da indústria automotiva (Carmo *et al*., 2024). Um dos sinais mais claros desse movimento é a entrada das competidoras chinesas, capazes de oferecer modelos elétricos a custos inferiores aos de suas concorrentes

2. N. R. T.: Para manter a padronização com a literatura internacional, optou-se por utilizar as siglas EV (*Electric Vehicle*, veículo elétrico) e ICE (*Internal Combustion Engine*, motor a combustão interna) ao longo deste e dos demais capítulos.

europeias e norte-americanas. Nesse cenário, montadoras tradicionalmente dominantes no segmento de veículos a combustão de luxo na própria China — como Volkswagen, BMW e Mercedes — vêm perdendo espaço para fabricantes locais, entre eles a Build Your Dreams (BYD) e a Great Wall Motors (GWM), que conquistam mercado com modelos *plug-in* mais acessíveis.[3]

As vendas de carros elétricos ultrapassaram 17 milhões de unidades em todo o mundo em 2024, registrando um crescimento superior a 25%. Apenas o acréscimo de 3,5 milhões de carros vendidos em 2024 em relação a 2023 já supera o total de vendas globais de carros elétricos em todo o ano de 2020. A China manteve sua posição de liderança, com mais de 11 milhões de unidades comercializadas — volume superior ao total mundial de apenas 2 anos antes. O desempenho global foi, em parte, atenuado pela estagnação do mercado europeu, resultado da redução ou eliminação de subsídios em países-chave e da manutenção das metas de CO_2 da União Europeia entre 2023 e 2024. Nos Estados Unidos, as vendas continuaram a crescer, embora a taxa de expansão tenha sido cerca de um quarto do ano anterior. Fora desses três principais mercados, verificou-se um aumento recorde de quase 40%, alcançando 1,3 milhão de unidades e aproximando-se do volume registrado nos EUA (1,6 milhão) (IEA, 2025[4]).

As empresas chinesas, em particular, se beneficiam da competência acumulada pelo país na fabricação de baterias de íons de lítio para veículos elétricos, inicialmente desenvolvida na produção de baterias para eletrônicos e posteriormente expandida por meio de *clusters* industriais altamente integrados. Esse processo foi sustentado por políticas públicas e pelo acesso a uma cadeia de valor completa — desde a extração de matérias-primas até a montagem de módulos e sistemas de gestão de baterias (Zhao e Lüthje, nesta edição). Além disso, a indústria automotiva chinesa ganha competitividade ao avançar em direção a uma "foxconização"[5], marcada pela combinação de trabalho de alta performance e baixos salários, ao mesmo tempo em que se beneficia de *joint ventures* com empresas europeias — sobretudo, alemãs — que possibilitam transferência tecnológica e o fortalecimento de

3. Cf. a coluna de Guilherme Ravache no *Valor Econômico* (2024).

4. Cf. International Energy Agency (IEA) – www.iea.org.

5. N. R. T.: O termo "foxconização" é usado na literatura crítica sobre cadeias globais de produção para se referir ao modelo produtivo associado à Foxconn, marcado por forte intensificação do trabalho e baixa remuneração.

novos atores industriais, como fornecedores de tecnologia e fabricantes de baterias (Lüthje, Wu e Zhao, 2023).

Dada a centralidade das baterias para os veículos elétricos, os grupos automotivos tradicionais — ou incumbentes, na formulação de Fligstein e McAdam (2012) —, têm buscado alianças estratégicas com fornecedores desse insumo, em um esforço para preservar sua influência e hegemonia no mercado. Trata-se, contudo, de uma tarefa desafiadora, uma vez que a produção de baterias apresenta estrutura oligopolística e forte concentração geográfica na Ásia. Empresas chinesas (como CATL e BYD), japonesas (como a Panasonic) e coreanas (como SK Battery, Samsung SDI e LG Energy Solution) controlam a maior parte do mercado de baterias, exercendo não apenas liderança produtiva, mas também um elevado poder de decisão sobre o desenvolvimento tecnológico. Essa configuração altera a tradicional dependência assimétrica da cadeia de valor automotiva (Ramos e Ruiz-Gálvez, 2024). Nesse contexto, tende a crescer, nos próximos anos, a influência desses fornecedores sobre a configuração atual da cadeia global de valor automotiva.

Segundo Zhao e Lüthje (nesta edição), a vantagem competitiva da China na indústria de baterias para veículos elétricos (EVs) não se explica apenas pela política industrial, mas sobretudo pela competência central das empresas em manufatura em massa. Diferentemente da visão tradicional que privilegia o papel do Estado, evidências empíricas de um *cluster* de baterias em Huizhou, sul da China, demonstram que essa competência foi construída "de baixo para cima", a partir da aprendizagem tecnológica no chão de fábrica e da incorporação de experiências acumuladas na produção de baterias para eletrônicos de consumo. Essa capacidade de fabricar em larga escala baterias de íon-lítio de qualidade estável e consistente a preços competitivos vem reestruturando a indústria automotiva global, deslocando parte do poder dos fabricantes de veículos (*Original Equipment Manufacturers – OEMs*) para os produtores de baterias, que hoje controlam uma fatia substancial do custo total dos veículos elétricos.

A ascensão das empresas chinesas de baterias evidencia uma desorganização da cadeia de valor automotiva tradicional, resultando em um processo de desintegração vertical do setor em indústrias especializadas e interconectadas, como manufatura de baterias, sistemas de propulsão e *software* automotivo. Segundo Zhao e Lüthje (nesta edição), essa configuração pode

evoluir para uma estrutura similar ao "Wintelismo"[6], no qual fabricantes de baterias em larga escala passam a deter o controle da tecnologia e da produção dos componentes centrais, enquanto fornecedores independentes de trens de força digitais ou *software* ganham proeminência. Esse cenário aponta para a necessidade de as montadoras reavaliarem sua capacidade de desenvolver novas competências na fabricação de baterias ou, alternativamente, se adaptarem a uma indústria mais modularizada e fragmentada, na qual já não ocupam de forma indiscutível a liderança da cadeia de suprimentos.

Não obstante, a arquitetura da indústria automotiva não está sendo convertida de maneira radical em uma estrutura modular, com migração unilateral de valor para novos entrantes, porque os OEMs tradicionais demonstram notável resiliência para se manterem competitivas diante da entrada de gigantes da tecnologia, desenvolvendo estratégias de integração, alianças e absorção de inovações. Essa constatação funciona como crítica à visão dominante de disrupção, que projeta uma perda inevitável de poder dos OEMs em virtude da suposta modularidade tecnológica. Para Jacobides *et al.* (2023), a configuração atual do setor revela, ao contrário, um modelo de inovação no qual os OEMs internalizam inovações externas por meio de aquisições, parcerias estratégicas e ecossistemas colaborativos, produzindo uma interpenetração entre montadoras tradicionais, *startups* e *Big Tech*, sem substituição completa dos atores incumbentes. As evidências, portanto, apontam mais para um movimento de integração vertical, no qual OEMs tentam continuar no controle das etapas-chave do processo produtivo ou firmar alianças com fabricantes de baterias.

O híbrido *flex* como alternativa para o mercado automotivo brasileiro

No processo de transição da indústria automotiva de veículos a combustão interna (ICEs) para os veículos elétricos à bateria (BEVs), liderado pela China, o Brasil ocupa uma posição estratégica, porém desafiadora (Marx, Lara e Pellegrina, nesta edição). A entrada de competidoras como a BYD

6. Conceito usado para caracterizar o novo paradigma produtivo da era digital, marcado pela hegemonia dos sistemas operacionais Windows (Microsoft) e dos microprocessadores Intel, empresas norte-americanas que dominaram respectivamente o setor de *software* e de microprocessadores durante a explosão da informática pessoal nos anos 1980 e 1990. Expressa a passagem de um modelo focado na montagem final dos produtos (fordismo), para um modelo em que o poder se desloca para segmentos como a padronização de *software* e componentes, tornando esses padrões o centro da cadeia de valor.

— que passou a oferecer carros elétricos importados a custos significativamente mais baixos — vem alterando de forma expressiva o mercado e a própria dinâmica da produção automotiva nacional nos últimos anos. No cenário atual, é possível identificar cinco tecnologias disponíveis no mercado automotivo global, sendo que duas delas, PHEV e BEV, concentram, juntas, 70,8% do *market share* nacional de "elétricos":

- ICEV (*Internal Combustion Engine Vehicle*) – categoria que define os veículos tradicionais equipados com motor a combustão interna. Nos países emergentes, como o Brasil, uma parcela significativa da frota em circulação ainda é composta por essa tecnologia, baseada principalmente no uso de gasolina e diesel, exatamente os mais poluentes.
- BEV (*Battery Electric Vehicle*) – veículos 100% elétricos, movidos exclusivamente por baterias recarregáveis. Não possuem escapamento, tampouco emitem gases poluentes ou de efeito estufa;
- HEV (*Hybrid Electric Vehicle*) – conhecidos como híbridos tradicionais, combinam um motor a combustão interna com um motor elétrico. Esse arranjo garante maior eficiência energética e menor nível de emissões, já que o veículo alterna os dois tipos de propulsão. Outra característica é que a bateria é recarregada pelo próprio funcionamento do motor a combustão, dispensando a necessidade de recarga externa em tomadas;
- PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*) – híbridos recarregáveis que, à semelhança dos HEVs, combinam motor a combustão e motor elétrico, mas com um nível mais elevado de eletrificação. A principal diferença está no fato de que suas baterias podem ser recarregadas externamente, tanto em tomadas residenciais quanto em estações de carregamento;
- FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicles*) – veículos elétricos movidos a célula de combustível, que utilizam hidrogênio como fonte primária para gerar eletricidade e abastecer a bateria de alta tensão;
- MHEV (*Mild Hybrid Electric Vehicle*) – conhecidos como híbridos leves, combinam um motor a combustão com um pequeno motor elétrico que atua como apoio em determinadas condições de condução, mas sem capacidade de rodar exclusivamente no modo elétrico;

- EREV (*Extended Range Electric Vehicle*) – veículos elétricos de autonomia estendida. Possuem um motor a combustão que não atua diretamente na tração, mas funciona como gerador para recarregar a bateria, aumentando a autonomia elétrica do veículo[7].

A tecnologia BEV tem enfrentado forte resistência por parte dos OEMs incumbentes do mercado nacional — em especial as norte-americanas e europeias — e sua entidade representativa, a tradicional Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). Diante da ameaça de desestabilização provocada pela entrada de veículos elétricos importados, a ANFAVEA vem procurando influenciar o debate sobre a transição energética, pelo menos desde a formulação do Programa Inovar-Auto, provavelmente a política industrial mais significativa das últimas três décadas no Brasil. Nesse contexto, posiciona-se como defensora do modelo híbrido-*flex*, alternativa que conta com a simpatia das associações vinculadas à indústria do etanol (Wolffenbüttel e Consoni, nesta edição).

Por outro lado, apesar de dispor de um parque industrial consolidado e de um mercado consumidor expressivo, o Brasil permanece marcado pela dependência tecnológica e pela ausência de autonomia estratégica em inovações disruptivas. O país segue altamente dependente dos Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs), enquanto o Estado demonstra grande dificuldade em conduzir processos de *catching-up* tecnológico e de transferência de inovação, um dos segredos do recente sucesso chinês (Lima e Dulci, nesta edição).

Na primeira década do século XXI, a indústria automotiva brasileira atravessou um período de significativa inconstância. Entre 2000 e 2003, enfrentou uma forte crise, com queda de 35% no mercado entre 2000 e 2001 e subsequente estagnação por cerca de três anos. Nesse intervalo, a produção sofreu acentuada retração, acompanhada da redução no número de empresas e baixa confiança no setor (Assis, Hagemann e Ferreira, 2016).

A partir de 2004, contudo, a indústria entrou em um ciclo de expansão que se estendeu até 2020, marcado por recordes sucessivos de vendas e produção, impulsionados pelo aquecimento do mercado interno, pela ampliação do crédito e pelo aumento do consumo. Em 2010, a produção alcançou 3,6

7. Cf. matéria publicada no site: https://www.icarros.com.br/noticias/geral/ev,-bev,-phev,-hev-o-que-dizem-as-siglas-nos-eletricos-/28738.html. Acesso em: 2 nov. 2025.

milhões de unidades, um crescimento de 14,3% em relação ao ano anterior, consolidando a recuperação do setor (Auto Esporte, 2011).

Nesse mesmo período, consolidou-se também uma sequência de programas e políticas industriais voltados a estimular investimentos, articulando a proteção e o fortalecimento da indústria (e dos empregos) à busca por maior eficiência energética e a descarbonização. A política inaugural dessa tendência foi o Inovar-Auto (2012-2017), seguida pelo Rota 2030 (2018-2023), que o substituiu e conferiu mais visibilidade às metas de descarbonização, em sintonia com os compromissos assumidos pelo Brasil na COP 21.

Mantendo a tradição de políticas de incentivo ao setor, o Programa Inovar-Auto, embora tenha se destacado por atrair investimentos em novas plantas e na modernização de unidades já existentes (Lima e Santos, 2021), também deu continuidade à prática de desoneração da indústria automotiva. Em seguida, ainda que o governo de Michel Temer (2016-2019) demonstrasse pouca disposição em aprofundar a agenda de retomada industrial, seu programa para o setor — o Rota 2030 – Mobilidade e Logística — acabou por estabelecer marcos importantes relacionados à segurança veicular e à eficiência energética de carros a combustão. Além disso, estendeu o prazo de incentivos fiscais destinados a determinadas regiões e manteve a possibilidade de utilização de créditos tributários acumulados no âmbito do Inovar-Auto (Marques e Lima, 2024).

O Rota 2030 não pode ser caracterizado como uma política industrial, já que não definiu de forma clara uma estratégia para o setor diante do novo modelo de mobilidade associado à agenda internacional da transição energética. Tampouco conseguiu atrair novos investimentos para o país, seja em modernização, seja na instalação de novas plantas automotivas. Além disso, o programa enfrentou o boicote do governo Temer, abertamente contrário à política de desonerações fiscais e mais interessado em consolidar as reformas econômicas neoliberais em curso naquele período (Marques e Lima, 2024).

A forte dependência tecnológica aproxima o Brasil da situação observada nos países da Europa Oriental analisados por Pavlínek (nesta edição). Em ambos os contextos, a transição da produção de veículos com motores de combustão interna (ICEs) para veículos elétricos (EVs) depende fundamentalmente do impulso das empresas estrangeiras, relegando os governos a uma posição menos relevante, por vezes quase subserviente. No caso brasileiro, esse quadro é ainda mais complexo devido às disputas entre as

montadoras incumbentes — como Volkswagen e General Motors — e desafiantes, como a BYD, tensionadas pelas entidades representativas do setor: a tradicional ANFAVEA e o Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (SINDIPEÇAS), de um lado, e, de outro, associações emergentes como a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) e a Associação Brasileira das Empresas Importadoras de Veículos Automotores (ABEIFA) (Brandão e Lima, 2025; Lima e Santos, 2021).

Conforme Walmrath (nesta edição) e Shapiro (1994), o Estado brasileiro historicamente se destacou por exercer influência no direcionamento das tecnologias adotadas, ora favorecendo as multinacionais incumbentes, ora buscando proteger a indústria nacional — em especial o setor de autopeças, que, ainda assim, foi profundamente fragilizado pela abertura comercial da década de 1990. Ao longo dos diferentes ciclos e políticas industriais, a marca predominante da trajetória da indústria automotiva no Brasil tem sido a ampla concessão de benefícios às empresas, notadamente às multinacionais.

Diferentemente da siderurgia e da indústria de petróleo — cujos desenvolvimentos iniciais no país foram marcados por forte protagonismo estatal — a indústria automotiva consolidou-se no Brasil, desde a criação do Grupo Executivo da Indústria Automobilística (GEIA) em 1956, no início do governo Juscelino Kubitschek, a partir de uma divisão de trabalho organizada entre três setores; o setor nacional, responsável principalmente pela produção de autopeças, o capital estrangeiro, incumbido da fabricação de veículos; e o Estado, ao qual competia garantir as condições necessárias à produção, como infraestrutura (Shapiro, 1994; Perissinotto, 2023). Trata-se, portanto, de uma indústria de grande relevância nos processos de modernização e industrialização do país, mas estruturalmente dependente dos Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs) (Bandelj, 2002) sempre vinculados a políticas industriais atreladas a incentivos e benefícios fiscais.

Nesse cenário, Walmrath (nesta edição) observa que o motor híbrido-flex, aparentemente consolidado como padrão para o futuro da indústria no Brasil, foi sutilmente promovido pela ANFAVEA. Por meio de seus estudos oficiais, a associação passou a enfatizar supostos benefícios dessa tecnologia, como maior eficiência, menor custo e a já existente infraestrutura de abastecimento. O consenso em torno do híbrido *flex* representou, assim, a substituição da pauta da eletrificação pela da descarbonização, e

pode ser interpretado como uma vitória da ANFAVEA, que sempre demonstrou resistência aos elevados custos de uma transição integral para o veículo elétrico, além das incertezas associadas ao mercado brasileiro e sul-americano.

A opção pelo etanol contribuiu de forma relevante para a agenda da descarbonização, ainda que, paradoxalmente, tenha gerado retornos limitados para a consolidação do veículo 100% elétrico. No contexto da política "do poço à roda", biocombustíveis como o etanol apresentam-se como alternativa mais sustentável do que qualquer veículo a combustão em termos de emissão de CO2, além de atenderem plenamente aos interesses do setor automotivo. A chamada "rota híbrida" (Olmos, 2022, 2023), representa, nesse sentido, uma solução que equaciona diferentes demandas: acomoda os interesses corporativos das montadoras, beneficia setores como o sucroalcooleiro, preserva os níveis de emprego metalúrgico e, ao mesmo tempo, responde às crescentes pressões ambientais (Ramalho e Santos, 2024).

Historicamente, o etanol já se configurava como alternativa economicamente viável desde o início do século XX, favorecido pela produção de álcool no Nordeste e pelo fato de o Brasil ser, à época, importador de petróleo. Essa trajetória peculiar conferiu singularidades ao desenvolvimento tecnológico da indústria automotiva nacional (Ramalho e Santos, 2024). Eventos posteriores, como as crises do petróleo de 1973 e 1979, impulsionaram uma ação mais incisiva do Estado, culminando na criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), que consolidou definitivamente o etanol como combustível alternativo, menos poluente e mais econômico.

Após o interregno marcado pelos governos Temer e Bolsonaro (2016-2022), e pelos efeitos da pandemia da covid-19, novas iniciativas foram lançadas com o objetivo de retomar os investimentos na indústria — entre elas, a Nova Indústria Brasil (NIB) — e, em particular, revitalizar o setor automotivo. Nesse contexto, destaca-se a segunda etapa do Programa Rota 2030, conhecida como Programa Mobilidade Verde e Inovação – (MOVER).

De acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), o MOVER busca "apoiar o desenvolvimento tecnológico, a competitividade global, a integração às cadeias globais de valor, a descarbonização, o alinhamento a uma economia de baixo carbono no ecossistema produtivo e inovativo de automóveis, de caminhões e de seus implementos rodoviários, de ônibus, de chassis com motor, de máquinas

autopropulsadas e de autopeças" (Brasil, s.d.)[8]. Segundo Uallace Moreira Lima, secretário de Desenvolvimento Industrial, Inovação, Comércio e Serviços do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) do governo Lula,

> [...] as montadoras estão celebrando, anunciando investimento, porque a gente encontrou o ponto de equilíbrio a partir da experiência que o pessoal teve com o Rota 2030, com o Inovar-Auto. E o volume de incentivo agora compensa os investimentos das empresas. E aí a gente incorporou algo que não tinha no Rota, que é o PPB, que é o Processo Produtivo Básico. À medida que essas empresas agregam mais valor, elas podem acumular crédito financeiro. Então, depende delas. Vocês querem ter mais crédito financeiro? Para R$ 1,00 gerado, elas podem ter R$ 1,70 de benefício. Mas, para elas fazerem isso, têm que verticalizar. Só faz isso verticalizando.

Para ele:

> [...] outra coisa que colocamos dentro do Mover foi ter uma inserção maior nas cadeias globais de valor, exportar. [...] A disputa é de mercado, não é nossa. Se você pegar o Mover, não tem nenhum tipo de... "olha, a melhor rota tecnológica do Brasil é essa." Não tem. As empresas não vão acumular crédito porque investiram mais em carro elétrico e/ou híbrido. O que pode fazer uma diferença, por exemplo, é a empresa ter um modelo de carro que consegue exportar mais do que a outra, aí tem uma cumulatividade de crédito maior. Aí, é uma questão deles. O que vai diferenciar muito essas empresas é o IPI verde, a descarbonização. Isso aí sim. Lá para 2027, quando a gente incorporar a métrica do poço à roda... pegar um carro, por exemplo, que tem uma bateria fabricada fora, não tenho dúvida que o carro híbrido aqui vai ser mais sustentável que ele. Não tenho dúvida.[9]

8. Cf. a descrição do Programa Mover em: https://www.gov.br/pt-br/servicos/solicitar-autorizacao-de-credito-financeiro-no-programa-mover. Acesso em: 2 nov. 2025.

9. Moreira Lima, entrevista concedida em 27 mar. 2024.

O futuro do carro elétrico no mundo e no Brasil

O conjunto de transformações em curso na indústria automotiva traz importantes desafios para os trabalhadores. A previsão é que a transição para veículos elétricos (EVs) provoque significativa perda de empregos, especialmente entre operários de linha de montagem e fornecedores de segundo e terceiro nível vinculados à produção de motores de combustão interna (ICEs). Essas perdas, contudo, podem ser parcialmente compensadas pela expansão da produção de baterias para EVs, particularmente em *gigafactories* — grandes plantas de fabricação de baterias —, que tendem a gerar elevada demanda por profissionais das áreas de TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação), engenharia e empregos indiretos (Cetrulo *et al*., 2023).

Tomando como exemplo as novas fábricas de baterias nos Estados Unidos, Dupuis *et al*. (2024) destacam a preocupação com a qualidade dos empregos gerados, já que os salários nessas plantas — em empresas como Tesla e Rivian — giram em torno de US$ 16,50 por hora, valor significativamente inferior ao praticado nas montadoras tradicionais, que variam entre US$ 18 e US$ 32 por hora. No contexto europeu, Celasun *et al*. (nesta edição) observam que regiões mais especializadas na produção de veículos ICEs têm registrado perdas relativas de emprego ou ganhos mais modestos desde 2017, quando a fabricação de EVs começou a se expandir. Além disso, os impactos da eletrificação são desiguais entre os trabalhadores, atingindo de forma mais intensa aqueles com escolaridade secundária e os mais jovens, especialmente na faixa etária entre 25 e 34 anos.

O debate em torno da transição tecnológica concentra-se, em grande medida, nos seus efeitos quantitativos e qualitativos sobre o emprego, sobretudo nas economias avançadas, historicamente marcadas pela presença de OEMs automotivas e grandes fornecedores. Os veículos à bateria (BEVs) estão diretamente associados à eliminação de um número expressivo de postos de trabalho em toda a cadeia de valor automotiva. Essa redução afeta não apenas a montagem final, mas também a produção de componentes-chave, como motores de combustão, sistemas de combustível, sistemas de escape, eixos e transmissões.

Permanece, contudo, a incerteza sobre a capacidade de absorção de parte desses empregos pela produção de tecnologias emergentes (Dupuis *et al*., 2024). Como sintetiza (Olmos, 2022 *apud* Ramalho e Santos, 2024) "um

carro elétrico é feito com menos de um terço das peças" de um veículo a combustão, o que implica uma redução de até 25% no tempo de fabricação (Maciel, 2022 *apud* Ramalho e Santos, 2024). Projeta-se, portanto, um impacto potencialmente devastador para o emprego industrial, nos próximos anos.

Contudo, como destacam Boyer e Freyssenet (2001), coexistem diversas estratégias corporativas que interagem de formas distintas com os múltiplos arranjos institucionais em que se inserem. Nessa linha, análises como as de Cetrulo *et al*. (2023), tomando o caso europeu, mostram que a transformação da indústria automotiva é marcada por forte heterogeneidade: a transição energética, somada à automação e à digitalização, afeta de maneira desigual empresas e países.

Fatores como as capacidades organizacionais (por exemplo, a adoção de modelos *lean*), a proximidade de centros de P&D, os sistemas de formação profissional e o poder de negociação dos sindicatos têm contribuído para estruturar uma lógica de "núcleo-periferia". Esse processo reconfigura profundamente tanto as cadeias de valor quanto o mercado de trabalho, com efeitos duais de criação e destruição de empregos, ao mesmo tempo em que aprofunda as assimetrias entre regiões centrais e periféricas na Europa.

Os países da Europa Central e Oriental (CEE) apresentam forte dependência de Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs), atraídos sobretudo pelos baixos custos de produção — em especial da mão de obra — e pela proximidade geográfica com os mercados da Europa Ocidental. Esse padrão confere a países como Polônia e Tchéquia um perfil industrial baseado em abundância de mão de obra barata, baixo nível de inovação e reduzido investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), ao mesmo tempo em que se especializam na exportação em grande escala de automóveis e componentes (Pavlínek, nesta edição). Nesse contexto, é pouco provável que a fabricação de veículos elétricos (EVs) provoque impactos tão negativos quanto em outras regiões mais intensivas em tecnologia, ainda que a redução do número de peças e componentes nos EVs, inevitavelmente, implique a eliminação de postos de trabalho.

Por outro lado, a indústria automotiva de países como a Itália vem se contraindo nos últimos anos, concentrando-se em modelos *premium* e de luxo, tradicionalmente produzidos em menor escala. De acordo com Bubbico

(nesta edição), o emprego em empresas de grande relevância simbólica, como a FIAT Chrysler Automobiles (FCA) — atualmente Stellantis — sofreu uma queda drástica entre 2019 e 2024, reflexo da escassez de investimentos em inovação de produtos e novos modelos. Nesse período, fábricas fechadas e divisões importantes, como Magneti Marelli e Iveco, acabaram sendo vendidas.

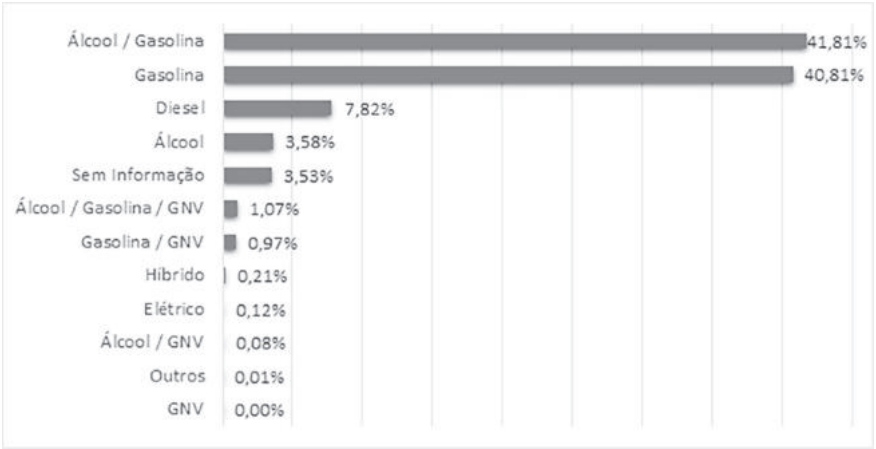
Fora do contexto europeu, dados da Agência Internacional de Energia (IEA) indicam que, em 2024, as vendas de carros elétricos na China ultrapassaram, pela primeira vez, as de veículos a combustão. O crescimento foi de quase 40% em relação ao ano anterior, ampliando ainda mais a participação chinesa no mercado global de EVs. Se em 2021 a China respondia por metade das vendas mundiais, em 2024 sua fatia subiu para quase dois terços. Pelo quarto ano consecutivo, a participação dos elétricos nas vendas nacionais aumentou cerca de dez pontos percentuais ano a ano.

Os preços altamente competitivos dos EVs no mercado chinês, combinados com uma política robusta de incentivos estatais, explicam parte desse desempenho. O governo oferece apoio financeiro aos consumidores para acelerar a renovação da frota, privilegiando a substituição por veículos elétricos. Em 2024, cerca de 6,6 milhões de consumidores solicitaram o benefício, sendo que 60% deles optaram por um EV. Mais de um terço dos mais de 11 milhões de carros elétricos vendidos no país naquele ano contou com esse tipo de incentivo (IEA, 2025).

Entretanto, um dado relevante na recente expansão dos EVs na China é o crescimento acelerado das vendas de veículos elétricos híbridos *plug-in*. A participação dos PHEVs no total de carros elétricos vendidos no país passou de cerca de 15% em 2020 para quase 30% em 2024. No mesmo período, a participação dos EREVs mais que quadruplicou, superando 10% em 2024. Esse avanço fez com que a fatia dos veículos totalmente elétricos (BEVs) recuasse de 80% em 2020 para menos de 60% em 2024 — ainda que, em termos absolutos, suas vendas tenham aumentado sete vezes, sinalizando seu apelo contínuo para novos consumidores.

Em contraste, no Brasil, a frota automotiva movida a combustão segue amplamente predominante, enquanto a participação dos veículos elétricos, em qualquer de suas modalidades, permanece marginal.

Figura 1 – Total da frota por tipo de combustível / jul-2024.



Fonte: SENATRAN (2024).

Com apenas 0,21% e 0,12% da frota em 2024, respectivamente, os veículos híbridos e elétricos ainda ocupam uma posição bastante residual no mercado brasileiro. Esse cenário, marcado pela manutenção em larga escala dos emplacamentos de veículos a combustão, representa, por um lado, um sinal de alerta para a agenda de descarbonização. Por outro lado, abre espaço para que o governo brasileiro formule uma estratégia de "transição justa", na qual a reestruturação em curso tenha "seus impactos e prazos negociados entre sindicatos e empresas, de forma a mitigar a drástica perda de postos de trabalho" (Damasceno 2021 *apud* Ramalho e Santos, 2024).

Os desafios da ação sindical no novo contexto

A mudança tecnológica e a transição para a descarbonização no setor automotivo têm repercussões profundas e heterogêneas sobre o emprego e as condições de trabalho (Cetrulo *et al*., 2023). A reconfiguração da cadeia de valor decorrente da expansão dos veículos elétricos tende a reduzir postos de trabalho nas linhas de montagem, dado o menor número de componentes em comparação aos fornecedores de segundo e terceiro nível, responsáveis pela produção de peças e sistemas, que se tornam obsoletos nesse novo paradigma tecnológico (Cetrulo *et al*., 2023).

Para os sindicatos, o atual contexto de implantação de novas tecnologias, como observa Lucio (2020, p. 1), "coloca na agenda sindical o desafio de elaborar novas estratégias de organização e de mobilização como forma de responder às iniciativas que reduzem o custo do trabalho, flexibilizam as regras para contratar e demitir, e acabam produzindo desemprego".

Sindicatos que contam com poder institucional consolidado e regimes de conhecimento bem desenvolvidos podem exercer um papel proativo e eficaz na construção de uma transição mais justa (Pulignano *et al.*, 2023; Dupuis *et al.*, 2024). Em contraste, contextos com menor apoio institucional, marcados por sindicatos fragmentados ou de caráter predominantemente reativo, enfrentam maiores dificuldades para mitigar riscos e ampliar oportunidades para os trabalhadores (Pulignano *et al.*, 2023; Dupuis *et al.*, 2024). Nesse cenário, a capacidade de adaptar e fortalecer os sistemas de relações industriais, as políticas de qualificação e o diálogo social em múltiplos níveis torna-se crucial para assegurar que a transição gêmea seja, de fato, justa e sustentável, evitando "uma corrida para o fundo" em termos de condições de trabalho e emprego (Cetrulo *et al.*, 2023; Pulignano *et al.*, 2023; Dupuis *et al.*, 2024).

Na Alemanha, sindicatos, como o IG Metall, são descritos como proativos e estrategicamente bem equipados (Pulignano *et al.*, 2023; Dupuis *et al.*, 2024). Amparados por sólidos direitos de codeterminação, esses sindicatos têm acesso institucional privilegiado à informação e participam diretamente das decisões estratégicas da gestão, incluindo investimentos, organização do trabalho e introdução de novas tecnologias (Pulignano *et al.*, 2023; Dupuis *et al.*, 2024).

O regime de conhecimento sindical alemão, apoiado por instituições bem financiadas como a Fundação Hans Böckler, fornece pesquisa, formação e propostas programáticas que reforçam as estratégias sindicais (Pulignano *et al.*, 2023). Essa infraestrutura possibilita que o IG Metall e outros sindicatos negociem acordos orientados para o futuro (*Zukunftstarifverträge*), voltados a assegurar empregos, promover requalificação profissional e fomentar novos produtos ligados à eletromobilidade, ainda que tais pactos possam implicar reduções moderadas de pessoal (Pulignano *et al.*, 2023; Dupuis *et al.*, 2024).

Em contraste, em países como a Bélgica, os sindicatos têm sido caracterizados como mais passivos e reativos (Pulignano *et al.*, 2023). Em geral, limitam-se a responder às propostas da gestão, concentrando-se sobretudo

na proteção imediata do emprego e das condições de trabalho, sem desenvolver uma estratégia mais ampla voltada a influenciar a transformação estrutural da indústria. Sua participação se limita basicamente à informação e consulta dos trabalhadores, e o seu regime sindical, menos financiado, se dedica a questões de longo prazo, como a transição gêmea (a dupla transição verde e digital) (Pulignano *et al*., 2023).

O cenário italiano é mais heterogêneo. O estudo de Cirillo *et al.* (2020) sobre a *Motor Valley* mostra que, em empresas mais digitalizadas e com orientação corporativista — como a Lamborghini, marcada por forte influência alemã —, os sindicatos desempenham um papel mais proativo, intervindo tanto na implementação tecnológica quanto na organização do trabalho. Nessas situações, conseguiram, por exemplo, negociar limites ao uso de *softwares* de monitoramento (MES), a fim de evitar a vigilância individual da produção. Por outro lado, em empresas como a Bonfiglioli, a atuação sindical revela-se mais reativa, sobretudo nas fases iniciais de concepção e *design* das tecnologias (Cirillo *et al.*, 2020).

Na América do Norte, sindicatos como o United Auto Workers (UAW), nos Estados Unidos, e o Unifor, no Canadá, enfrentam desafios institucionais significativos. O apoio legislativo à voz dos trabalhadores é mais frágil e a resistência patronal à sindicalização, mais intensa. Embora tenham obtido conquistas importantes — como ganhos salariais e a inclusão de *joint ventures* de baterias nos contratos coletivos — ainda carecem da influência direta sobre decisões corporativas e políticas industriais que caracteriza a experiência sindical alemã (Dupuis *et al*., 2024).

As ferramentas disponíveis para gerenciar os processos de reestruturação, como programas de redução de jornada e políticas de recolocação, existem, mas são fragmentadas e subutilizadas quando comparadas às alemãs. Além disso, a construção de solidariedade entre trabalhadores é dificultada pela competição entre plantas e empresas, frequentemente estimulada pela própria gestão como estratégia de divisão (Dupuis *et al*., 2024).

No caso específico do Brasil, o sindicalismo — especialmente nos macrossetores da economia — tem voltado atenção crescente ao processo de transição energética. Isso porque o debate na indústria envolve não apenas os riscos associados à descarbonização, mas também as ameaças ao emprego decorrente do avanço de novas tecnologias, plataformas digitais e da inteligência artificial. Essas transformações são compreendidas pelos sindicatos

como parte de uma disputa mais ampla em torno da construção de um novo modelo de desenvolvimento (CUT, 2021, p. 6-8).

No campo do sindicalismo metalúrgico, diretamente impactado pela transição energética, observa-se a adoção de iniciativas voltadas à reivindicação de participação nas decisões governamentais e empresariais que afetam o emprego e o mercado de trabalho. A manifestação de apoio explícito do sindicato dos metalúrgicos do ABC ao Nova Indústria Brasil (NIB), em 22 de janeiro de 2024, confirma uma tradição sindical construída ao longo das últimas décadas: o engajamento ativo na formulação de alternativas para enfrentar a crise da produção industrial na região.

Wellington Damasceno, diretor do sindicato, destacou a importância da iniciativa por recolocar "a indústria com um papel estratégico no desenvolvimento social, econômico e tecnológico do país". Ressaltou ainda temas centrais para a entidade, "como o incentivo à descarbonização e o investimento em infraestrutura [...] e no fortalecimento de setores chaves como o automobilístico [...]" (Tribuna Metalúrgica, 2023, p. 3).

No debate sobre a eletrificação, o sindicato tem se posicionado em favor de alternativas que preservam os empregos, como no caso da decisão de retomar gradualmente as tarifas de importação de veículos elétricos. Para o presidente do sindicato, Moisés Selerges, a taxação "protege os empregos no Brasil e na nossa região do ABC. Também remete a novos investimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias no país" (Tribuna Metalúrgica, 2023, p. 3).

Segundo Aroaldo Oliveira da Silva, diretor do sindicato e presidente da IndustriALL Brasil, "o debate da mobilidade tem que [...] discutir o saldo para a sociedade e como essa nova remodelagem vai melhorar a qualidade de vida das pessoas" (Tribuna Metalúrgica, 2023, p. 3).

Na cartilha "Transição justa: uma proposta sindical para abordar a crise climática e social sobre transição justa", elaborada pela CUT em 2021, há avanços importantes na pauta ao destacar a necessidade de que o processo de transição considere também dimensões sociais mais amplas. Entre elas estão as questões de gênero, o reconhecimento do valor econômico do trabalho não remunerado realizado pelas mulheres na esfera doméstica e do cuidado, bem como o enfrentamento de todas as formas de violência na vida e no trabalho, entre outros pontos (CUT, 2021, p. 44; cf. também CUT, 2023, p. 1-5).

Considerações finais

A consolidação dos veículos elétricos no Brasil enfrenta obstáculos significativos, que incluem a resistência das montadoras tradicionais, as disputas no campo sindical e a estrutura produtiva dependente de investimentos externos. Embora iniciativas, como o Programa MOVER e outras voltadas à descarbonização, representem avanços, a autonomia tecnológica nacional permanece limitada, mantendo o país mais como receptor de inovações do que como protagonista de sua produção.

O avanço chinês e a reconfiguração da cadeia produtiva global ilustram a transição de um protagonismo historicamente ocidental, para um novo paradigma asiático, em que o controle sobre baterias e componentes redefine os fluxos de valor e de poder na indústria automotiva. Esse processo repercute diretamente no Brasil, que se vê diante do dilema de preservar empregos industriais de qualidade ao mesmo tempo em que precisa adaptar-se à lógica dos investimentos estrangeiros e à crescente centralização tecnológica.

Assim, procuramos destacar que a eletrificação da frota e automação impõem desafios ao Brasil e ao mundo não apenas em termos de perdas quantitativas de postos de trabalho, mas também no que se refere à qualificação e à inclusão dos trabalhadores nas novas cadeias produtivas do setor. Sindicatos em diferentes economias com tradição automotiva têm buscado implementar estratégias de "transição justa", voltadas à inclusão social, à proteção do emprego e à participação nas decisões de reestruturação. No entanto, esses esforços esbarram em obstáculos institucionais diversos, que se revelam ainda mais complexos em contextos fragmentados ou marcados por baixa representatividade sindical.

Concluímos que uma verdadeira política de transição aponta para a necessidade de vincular incentivos produtivos, compromisso ambiental e salvaguardas sociais, evitando a chamada "corrida para o fundo" em termos de condições de trabalho e competitividade. Nesse sentido, a construção de um modelo de desenvolvimento industrial compatível com os objetivos de descarbonização e renovação tecnológica dependeria, de forma decisiva, de articulação entre Estado, empresas e sindicatos.

No caso brasileiro, em particular, a transição energética — e suas derivações, como a chamada transição gêmea — só parece sustentável e inclusiva se incorporar dimensões sociais mais amplas: a consideração das questões

de gênero, a valorização do trabalho, o enfrentamento da precarização e o fortalecimento da capacidade nacional de inovação.

Referências

ALOCHET, Marc (2020). *Rupture technologique et dynamique d'une industrie: la transition vers l'électromobilité*. Tese de doutorado, Institut Polytechnique de Paris, École Polytechnique, École Doctorale n°626 – École Doctorale de l'Institut Polytechnique de Paris (ED IP Paris), especialidade em Ciências da Gestão. Tese apresentada e defendida em Palaiseau, 18 de dezembro de 2020.

ASSIS, Vicente; HAGEMANN, Bjorn; FERREIRA, Bernardo (2016). O que aconteceu com a indústria automotiva no Brasil? *McKinsey & Company Brasil*. Disponível em: https://www.mckinsey.com/br/our-insights/blog--made-in-brazil/o-que-aconteceu-com-a-industria-automotiva-no-brasil. Acesso em: 2 nov. 2025.

BANDELJ, Nina (2002). Embedded Economies: Social Relations as Determinants of Foreign Direct Investment in Central and Eastern Europe. *Social Forces*, [S. l.], v. 81, n. 2, p. 411-444, dez.

BOYER, Robert; FREYSSENET, Michel (2001). *Los modelos productivos*. Buenos Aires: Grupo Editorial Lumen.

BRANDAO, Vinícius H.; LIMA, Raphael J. da C. (2025). Dinâmicas de Poder na Indústria Automotiva: uma análise das políticas de eletrificação. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, v. 14, p. 01-16.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (s.d.). Solicitar autorização de crédito financeiro no Programa MOVER. Disponível em: https://www.gov.br/pt-br/servicos/solicitar-autorizacao--de-credito-financeiro-no-programa-mover. Acesso em: 2 nov. 2025.

BUBBICO, Davide (2026). O setor automotivo italiano entre reestruturação e transição para o carro elétrico: as recaídas industriais e ocupacionais. *In:* LIMA, Raphael J. da C.; RAMALHO, José Ricardo (Orgs.). *Indústria Automotiva em Transformação:* eletromobilidade, novas tecnologias e transição justa. 1. ed. São Paulo: Annablume.

CARMO, Marcelo J. *et al*. (2024). *The New Geography in the Global Automotive Industry*. 1. ed. New York: Nova Science Publishers, 2024. v. 1. 123p.

CELASUN, Oya; SHER, Galeno; TOPALOVA, Petia; ZHOU, Jing (2026). Carros e a Transição Verde: desafios e oportunidades para os trabalhadores europeus. *In:* LIMA, Raphael J. da C.; RAMALHO, José Ricardo (Orgs.). *Indústria Automotiva em Transformação: eletromobilidade, novas tecnologias e transição justa.* 1. ed. São Paulo: Annablume.

CETRULO, Armanda; DOSI, Giovanni; MORO, Angela; NELLI, Linnea; VIRGILLITO, Maria E. (2023). Automation, digitalization and decarbonization in the European automotive industry: A roadmap towards a just transition. *LEM Working Paper Series*, n. 2023/36, Scuola Superiore Sant'Anna, Laboratory of Economics and Management (LEM), Pisa.

CIRILLO, Valeria; RINALDINI, Matteo; STACCIOLI, Jacopo; VIRGILLITO, Maria E. (2020). Trade unions' responses to Industry 4.0 amid corporatism and resistance. *LEM Working Paper Series*, n. 2020/21, Scuola Superiore Sant'Anna, Laboratory of Economics and Management (LEM), Pisa.

CUT (2021). *Diálogos sobre a transição justa:* Perspectivas globais e locais. Caso Rio Grande do Norte. São Paulo: Central Única dos Trabalhadores.

CUT (2023). Governo retoma a agenda ambiental e CUT destaca debate de transição justa e trabalho. São Paulo, *CUT*, 14 abr.

DAL POGGETTO, Priscila (2011). Produção de veículos cresce 14,3% em 2010 e bate novo recorde. *G1*, São Paulo, 6 jan. Disponível em: https://g1.globo.com/carros/noticia/2011/01/producao-de-veiculos-cresce-143-em-2010-e-bate-novo-recorde.html. Acesso em: 2 nov. 2025.

DUPUIS, Mathieu *et al.* (2024). A Just Transition for Auto Workers? Negotiating the Electric Vehicle Transition in Germany and North America. *ILR Review*, v. 77, n. 5, p. 770-798. Disponível em: https://doi.org/10.1177/00197939241250001. Acesso em: 2 nov. 2025.

FLIGSTEIN, Neil (2021). Innovation and the theory of fields. *AMS Review*, v. 11, p. 272–289. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13162-021-00202-2. Acesso em: 2 nov. 2025.

FLIGSTEIN, Neil; DAUTER, Luke (2012). A Sociologia dos mercados. *Caderno CRH*, v. 25, n. 66, p. 481-504. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0103-49792012000300007. Acesso em: 2 nov. 2025.

FLIGSTEIN, Neil; McADAM, Doug (2012). *A Theory of Fields*. New York: Oxford University Press.

ICARROS (2020). EV, BEV, PHEV, HEV: o que dizem as siglas nos elétricos. *iCarros*, São Paulo. Disponível em: https://www.icarros.com.br/noticias/geral/ev,-bev,-phev,-hev-o-que-dizem-as-siglas-nos-eletricos-/28738.html. Acesso em: 2 nov. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) (2025). *Global EV Outlook 2025*. Paris: IEA. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/7ea38b60-3033-42a6-9589-71134f4229f4/GlobalEVOutlook2025.pdf. Acesso em: 2 nov. 2025.

JACOBIDES, Michael G.; MACDUFFIE, John P.; TAE, C. Jennifer (2016). Agency, structure, and the dominance of OEMs: Change and stability in the automotive sector. *Strategic Management Journal*, v. 37, p. 1942-1967. Disponível em: https://doi.org/10.1002/smj.2426. Acesso em: 2 nov. 2025.

JACOBIDES, Michael G.; MACDUFFIE, John P.; TAE, Jennifer (2023). Revisiting Desruption: Lessons from Automobile Transformation and Mobility Innovation. *Working Paper*. v. 6, 29 jul.

LIMA, Raphael J. da C.; SANTOS, Rafael C. (2021). Forjando a Política Automotiva Brasileira: incumbentes e desafiantes na construção do programa Inovar-Auto. *Revista Pós-Ciências Sociais*, v. 18, p. 355-380.

LIMA, Raphael J. da C.; DULCI, Joao. A. (2026). A. Estratégias das Multinacionais Automotivas em Economias Emergentes: a Ford no Brasil e na China. *In:* LIMA, Raphael J. da C.; RAMALHO, José Ricardo (Orgs.). *Indústria Automotiva em Transformação: eletromobilidade, novas tecnologias e transição justa.* 1. ed. São Paulo: Annablume.

LUCIO, Clemente (2020). Inovar sindicalmente para reindustrializar o Brasil, *Brasil Debate*, 9 dez.

LUETHJE, Boy; WU, Dan; ZHAO, Wei (2023). China's auto industry: regimes of production and industrial policy in the age of electric cars. *International Journal of Automotive Technology and Management*, v. 23, n. 1, p. 80-98.

MARQUES, Tamara A. A. L.; LIMA, Raphael J. da C. (2024). Estado, Multinacionais e Entidades Empresariais: a construção política do Programa Rota 2030. *In:* ZUCCARELLI, Carolina; VINUTO, Juliana; MONTEIRO, Cristiano (Orgs.). *Perspectivas Sociológicas Contemporâneas*. 1. ed. Niterói: Uaná Editora, p. 340-371.

MARX, Roberto; LARA, Felipe F.; PELEGRINA, Juliano (2026). A Indústria Automotiva Brasileira: conquistas, dilemas e desafios para os próximos anos. *In:* LIMA, Raphael J. da C.; RAMALHO, José Ricardo (Orgs.). *Indústria Automotiva em Transformação: eletromobilidade, novas tecnologias e transição justa.* 1. ed. São Paulo: Annablume.

MOREIRA LIMA, Uallace (2024). Secretário de Desenvolvimento Industrial, Inovação, Comércio e Serviços do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC). *Entrevista concedida a Raphael Jonathas da Costa Lima e Lucas do Amaral Afonso*, 27 mar.

NÖLKE, Andreas; CLARR, Simone (2013). Varieties of Capitalism in Emerging Economies. *Transformation: Critical Perspectives on Southern Africa*, v. 81/82, p. 33-54.

NÖLKE, Andreas *et al.* (2014). Domestic Structures, Foreign Economic Policies and Global Economic Order: Implications from the Rise of Large Emerging Economies. *European Journal of International Relations*, v. 21, n. 3, p. 538-567, nov.

OLMOS, Marli (2022). Tributo do carro elétrico puxa diálogo com governo. *Valor Econômico*, 30 dez.

OLMOS, Marli (2023). A arte de seduzir um ex-metalúrgico. *Valor Econômico*, 19 abr.

PARDI, Tommaso; KRZYWDZINSKI, Martin; LUETHJE, Boy (2026). As Revoluções da Fabricação Digital como Projetos Políticos e Modismos: evidências do setor automotivo. *In:* LIMA, Raphael J. da C.; RAMALHO, José Ricardo (Orgs.). *Indústria Automotiva em Transformação: eletromobilidade, novas tecnologias e transição justa.* 1. ed. São Paulo: Annablume.

PAVLINEK, Petr (2026). Transição para a produção de veículos elétricos na indústria automotiva da Europa Oriental. *In:* LIMA, Raphael J. da C.; RAMALHO, José Ricardo (Orgs.). *Indústria Automotiva em Transformação:* eletromobilidade, novas tecnologias e transição justa. 1. ed. São Paulo: Annablume.

PERISSINOTTO, Renato (2023). *Ideias, Burocracia e Industrialização no Brasil e na Argentina*. Rio de Janeiro: Eduerj.

PULIGNANO, Valeria; HAUPTMEIER, Marco; FRANS, Dorien (2023). Determinants of union strategies towards the twin digital and green transitions in the German and Belgian automotive industry. *Transfer: European*

Review of Labour and Research, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 121-138. Disponível em: https://doi.org/10.1177/10242589231158066. Acesso em: 2 nov. 2025.

RAMALHO, José Ricardo G. P.; SANTOS, Rodrigo S. P.; LIMA, Raphael J. da C. (2024). Modelos de produção na manufatura: o que aconteceu com o fordismo e o pós-fordismo? *In:* GARZA TOLEDO, Enrique De la *et al*. (Orgs.). *Tratado latinoamericano de sociología del trabajo (II) Desafíos y debates en el século XXI*. 1. ed. Buenos Aires: CLACSO, p. 331-364.

RAMALHO, José Ricardo G. P; SANTOS, Rodrigo S. P. (2024). A caminho da descarbonização na indústria automobilística no Brasil: impasses e desafios da proteção aos trabalhadores. *In*: CONCEIÇÃO, Jefferson *et al*. (Orgs.). *Da bomba ao plug: o Brasil, a descarbonização e a indústria automotiva.* 1ed. São Bernardo do Campo: Papagaio, v. 1, p. 448-462.

RAVACHE, Guilherme (2024). Crise de influencers, a vingança de Musk e cortes na BMW, Volks e Mercedes: bem-vindo ao mundo de salários menores e empregos piores. *Valor Econômico*, São Paulo, 28 out. Disponível em: https://valor.globo.com/opiniao/guilherme-ravache/coluna/crise-de-influencers-a-vinganca-de-musk-e-cortes-na-bmw-volks-e-mercedes-bem-vindo-ao-mundo-de-salarios-menores-e-empregos-piores.ghtml. Acesso em: 2 nov. 2025.

RÍSQUEZ RAMOS, Mario; RUIZ-GÁLVEZ, María E. (2024). The transformation of the automotive industry toward electrification and its impact on global value chains: Inter-plant competition, employment, and supply chains. *European Research on Management and Business Economics*, v. 30, n. 1.

SHAPIRO, Helen (1994). Engines of Growth: The State and Transnational Auto Companies in Brazil. New York: Cambridge University Press.

TRIBUNA METALÚRGICA (2023). Metalúrgicos do ABC sediam seminário sobre mobilidade para debater transição justa. *SMABC*, 11 ago.

WALMRATH, Lucas L. (2026). Entre a Eficiência, a Eletrificação e a Descarbonização: o papel do Estado brasileiro na difusão e regulação da indústria automotiva atual. *In:* LIMA, Raphael J. da C.; RAMALHO, José Ricardo (Orgs.). *Indústria Automotiva em Transformação:* eletromobilidade, novas tecnologias e transição justa. 1. ed. São Paulo: Annablume.

WOLFFENBUTTEL, Rodrigo F.; CONSONI, Flavia L. (2026). O Papel do Regime Politico na Trajetoria de Descarbonizacao da Industria Automotiva Brasileira. *In:* LIMA, Raphael J. da C.; RAMALHO, José Ricardo (Orgs.).

Indústria Automotiva em Transformação: eletromobilidade, novas tecnologias e transição justa. 1. ed. São Paulo: Annablume.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROSS, Daniel A. (2004). *A máquina que mudou o mundo.* Rio de Janeiro: Campus – Elsevier.

ZHAO, Wei; LUETHJE, Boy (2025). Manufacturing Competency from Local Clusters: Roots of the Competitive Advantage of the Chinese Electric Vehicle Battery Industry. *World Electric Vehicle Journal*, 16, 319. Disponível em: https://doi.org/10.3390/wevj16060319. Acesso em: 2 nov. 2025.

PARTE 1

RECONFIGURAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS GLOBAIS E DA CADEIA DE VALOR AUTOMOTIVA

TRANSIÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA DA EUROPA ORIENTAL[1]

Petr Pavlínek

Introdução

A indústria automotiva europeia iniciou um processo de transição da produção de veículos com motores a combustão interna (ICEs)[2] para a produção de veículos elétricos (EVs)[3] (ou seja, veículos elétricos a bateria (BEVs)[4] e veículos elétricos híbridos *plug-in* (PHEVs)[5], o que levará à reestruturação da indústria automotiva existente na Europa. Essa transformação tornou-se necessária em vista da adoção, pela Comissão Europeia, de limites rigorosos para emissão de CO_2 por veículos recém-produzidos, com o objetivo de reduzir a liberação de CO_2 pelo setor de transportes, visando limitar o aquecimento global (Biresselioglu *et al*., 2018; CLEPA, 2021; EC, 2019; Pardi, 2021).

A adoção do pacote *Fit for 55* pela União Europeia (UE), destinado a reduzir em pelo menos 55% as emissões totais do bloco até 2030, prevê, de fato, a proibição da venda de carros e vans novos equipados com motores a combustão interna (ICE) a partir de 2035 (European Council,

1. Este capítulo é baseado em: PAVLÍNEK, Petr (2023). "*Transformation of the automotive industry towards electric vehicle production in the east European integrated periphery*", publicado na revista *Empirica* v. 50, n.1, p. 35-73., doi: 10.1007/s10663-022-09554-9, cuja distribuição é realizada pela Springer. O artigo original foi editado e atualizado. Quero agradecer à Springer pela permissão de usar meu trabalho anterior neste livro. Este trabalho foi apoiado pela Fundação Tcheca de Ciência [Número do Projeto: 23-07819S]. Tradução do inglês: Regina Vargas.

2. N.R.T.: ICEs (Internal Combustion Engines).

3. N.R.T.: EVs (*Electric Vehicles*).

4. N.R.T.: BEVs (Battery Electric Vehicle).

5. N.R.T.: PHEVs (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)

2023a; 2023b). Com as atuais tecnologias de motores a combustão interna, as montadoras não conseguiriam cumprir com esses padrões de emissão de CO_2, razão pela qual muitas passaram a considerar os veículos elétricos como a única alternativa viável (McKinsey e Company, 2021; Sigal, 2021). Ainda assim, diferentes montadoras vêm adotando estratégias e combinações tecnológicas diversas para cumprir as metas de redução de emissões.

O objetivo deste capítulo é analisar o impacto dessa transformação na Europa Oriental (EO)[6] até o momento, no contexto do desenvolvimento de sua indústria automotiva desde o início da década de 1990 e de sua posição relativa nas cadeias de valor e redes de produção da indústria automotiva europeia. Teórica e conceitualmente, a análise fundamenta-se nas abordagens das cadeias globais de valor (CGV)/redes globais de produção (RGP) (ver, por exemplo: Coe, 2021; Coe e Yeung, 2015; Gereffi, 2018; Kano *et al*., 2020; Sturgeon *et al*., 2008).

Embora as perspectivas da CGV e da RGP sejam distintas, elas têm em comum o foco na organização transnacional de indústrias em redes de produção/cadeias de valor, na distribuição de poder nessas redes, no papel de diversas instituições na configuração e operação das CGV/RGP e no impacto dessas cadeias e redes no desenvolvimento econômico, no contexto da divisão internacional do trabalho (por exemplo, Pavlínek, 2018, 2022a). Portanto, para os propósitos deste capítulo, as perspectivas da CGV e da RGP são consideradas como uma única abordagem analítica.

Sustento aqui que a transição para produção de veículos elétricos (EVs) na Europa Oriental depende, em grande medida, da posição relativa de sua indústria automotiva — percebida como uma periferia integrada da indústria automotiva europeia, nas CGV/RGP e na divisão internacional do trabalho. Tomo por base a perspectiva da geografia econômica evolucionária (ver, por exemplo, MacKinnon *et al*., 2019; Martin e Sunley, 2006) para argumentar que essa transição está fortemente condicionada e limitada pelo desenvolvimento anterior da indústria automotiva

6. Neste capítulo, EO refere-se aos antigos países socialistas da Europa Central, Sudeste Europeu e Estados Bálticos, que se tornaram membros da UE. Inclui também países não membros da UE no Sudeste Europeu (Sérvia, Bósnia e Herzegovina, Macedônia do Norte e Moldávia) que foram integrados ao sistema produtivo da indústria automotiva europeia por meio de investimentos e laços comerciais. Rússia, Ucrânia e Bielorrússia estão excluídas da análise. Europa Central refere-se à Tchéquia, Hungria, Polônia, Eslováquia e Eslovênia.

na EO, dependente do investimento direto estrangeiro (IDE) (Pavlínek, 2017a), e por sua atual posição periférica integrada no sistema de produção da indústria automotiva europeia.

Este capítulo apoia-se em dados estatísticos sobre a indústria automotiva na EO, provenientes de vários bancos de dados setoriais, bem como de reportagens da imprensa, mídia especializada e outras fontes secundárias. Também faz uso de entrevistas em nível de empresa conduzidas anteriormente pelo autor e membros de sua equipe de pesquisa na Tchéquia e na Eslováquia.

O capítulo está organizado da seguinte forma: primeiro, faço um breve resumo do estado atual da indústria automotiva na EO. Segundo, caracterizo a posição relativa da Europa Oriental na indústria automotiva europeia, como periferia integrada, destacando suas características básicas. Terceiro, explico como a posição de periferia integrada afeta a transição para produção de EV no Leste Europeu. Quarto, discuto a natureza desigual dessa transição na EO. Quinto, analiso o desenvolvimento da indústria de baterias na EO. Por fim, na conclusão, faço uma síntese dos principais argumentos.

A indústria automotiva na Europa Oriental

Um breve panorama das principais características da indústria automotiva na EO e de sua posição na divisão de trabalho da indústria automotiva europeia é um ponto de partida necessário para qualquer análise de sua transição para a produção de EV.

A abertura da EO ao comércio e ao investimento internacionais, no início da década de 1990, levou à sua integração na economia europeia, incluindo o rápido desenvolvimento da indústria automotiva voltada à exportação (Havas, 2000; Pavlínek, 2002b, 2002d; Van Tulder e Ruigrok, 1998). Baixos custos de produção, potencial de mercado, proximidade geográfica, associação à UE ou acordos comerciais preferenciais com a UE, excedente de mão de obra na década de 1990 e início de 2000, grandes incentivos a investimento que reduziam os custos não recuperáveis (*sunk costs*) de instalação e, portanto, o risco do investimento para empresas estrangeiras, além de outros fatores específicos de localização atraíram montadoras e produtores de componentes automotivos estran-

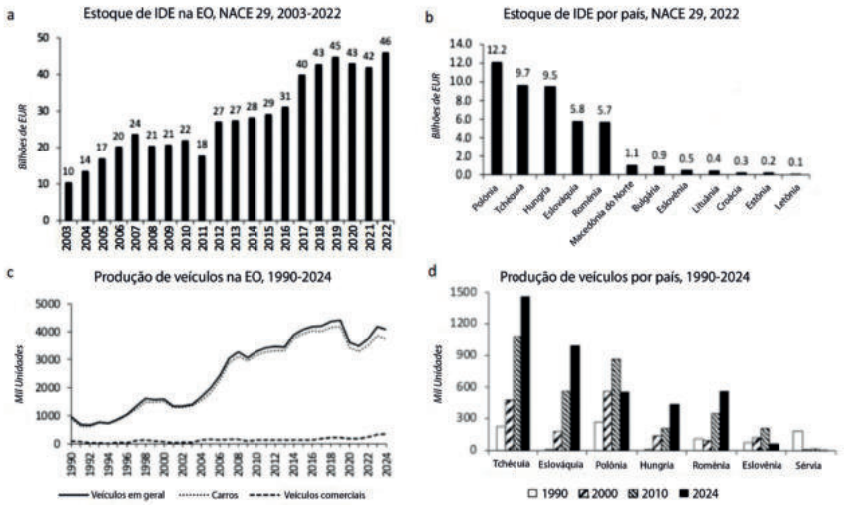
geiros para estabelecer sua produção na EO após 1990 (Adăscăliței e Guga, 2020; Pavlínek, 2002d, 2008, 2016, 2017a, 2020).

Em 2022, o IDE na indústria automotiva propriamente dita (fabricação de veículos automotores, reboques e semirreboques – NACE[7] 29) atingiu €46,4 bilhões na EO (Eurostat, 2025b) (Figura 1a). No que concerne aos NACE 29, o IDE tem se concentrado na Europa Central (Figuras 1b e 3c). Polônia, Tchéquia, Hungria e Eslováquia, juntas, representavam 80% do total em 2022, refletindo suas vantagens geográficas, econômicas e de localização política para a indústria automotiva em comparação com o restante da EO. Graças aos fluxos de IDE, a produção de veículos e componentes cresceu rapidamente na EO. Entre 1991 e 2024, a produção aumentou seis vezes, de 670 mil para 4,1 milhões de veículos (Figura 1c), representando 28,4% do total de veículos produzidos na UE mais a Grã-Bretanha, em 2024. A produção atingiu o pico de 4,4 milhões de veículos em 2019, antes da pandemia da covid-19 (OICA, 2025). A Tchéquia e a Eslováquia foram os maiores produtores de veículos em 2024 (Figura 1d). Os efeitos colaterais da covid-19, incluindo a escassez de semicondutores, continuaram a afetar negativamente a produção de veículos no início da década de 2020, juntamente com a guerra na Ucrânia.

O crescimento concentrou-se na produção de automóveis de passageiros (doravante automóveis) orientada à exportação, que aumentou de 611 mil para 4,2 milhões entre 1991 e 2019, reduzindo-se depois para 3,7 milhões em 2024 (Figura 1c). A montagem de automóveis ocorre na Tchéquia, Eslováquia, Romênia, Hungria, Polônia e Eslovênia, tendo cessado temporariamente na Sérvia em 2022 (Figura 2a). A Europa Central foi responsável por 85% da produção total de automóveis na EO em 2024 (Figura 3) — Tchéquia e Eslováquia sozinhas responderam por 66%.

7. N.R.T.: Na Europa (incluindo a Europa Oriental), NACE é a sigla para "*Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne*", ou, em português, Classificação Estatística das Atividades Econômicas na União Europeia. Essa nomenclatura é usada para classificar unidades econômicas (empresas, estabelecimentos etc.) de acordo com a atividade que exercem, e tem papel fundamental em estatísticas econômicas, fiscais, sociais e ambientais. A NACE é o sistema europeu equivalente ao CNAE no Brasil (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) e é mantida pela Eurostat, o escritório estatístico da União Europeia. É usada amplamente para produzir estatísticas comparáveis entre os países da UE (incluindo os da Europa Oriental, como Polônia, Tchéquia, Eslováquia, Hungria, Romênia, Bulgária, entre outros).

Figura 1 – IDE e produção de veículos na indústria automotiva da EO



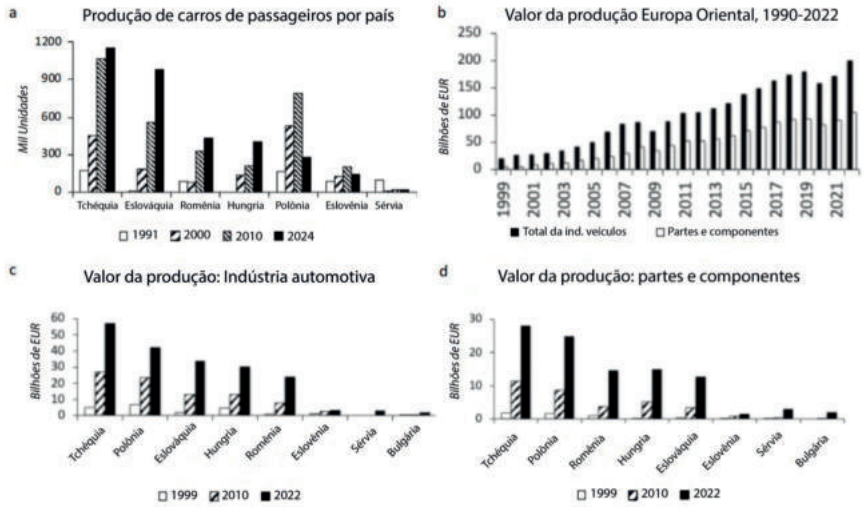
Fonte: Elaboração própria, com base em dados da Eurostat (2020; 2025b), OICA (2025), Pavlínek (2002b).

Nota: NACE 29. fabricação de veículos a motor, reboques e semirreboques.

Em comparação com os automóveis, o interesse do capital estrangeiro na produção de veículos comerciais tem sido limitado. Na Polônia, o IDE concentrou-se na produção de veículos comerciais leves (VCL) e caminhões pesados. Polônia e Tchéquia são os únicos dois países da EO cuja produção de ônibus persiste, principalmente graças ao IDE. Ainda assim, em 2024, a Scania fechou sua fábrica de ônibus em Słupsk, Polônia, demitindo 850 trabalhadores, e a Volvo fechou sua fábrica de ônibus em Wroclaw, também na Polônia.

O valor da produção na indústria automotiva (NACE 29) aumentou mais de nove vezes entre 1999 e 2022 e o valor da produção de peças e componentes (NACE 29.3) aumentou vinte vezes entre 1999 e 2022 (Figura 2b). O maior crescimento ocorreu na década de 2000, quando o valor da produção mais que quadruplicou. Na década de 2010, a taxa de crescimento desacelerou e o valor da produção mais que dobrou entre 2010 e 2022. A distribuição do valor da produção por país corresponde à distribuição da produção de automóveis (Figura 2c). Os principais países produtores de veículos também apresentam a maior produção de componentes (Figura 2d).

Figura 2 – Produção de automóveis e valor da produção na indústria automotiva da EO



Fonte: Elaboração própria, com base em dados da Eurostat (2022b; 2025c), OICA (2025), Pavlínek (2002b).

Limites ao crescimento devido ao esgotamento do excedente de mão de obra

As taxas decrescentes de crescimento na década de 2010, especialmente na Europa Central, bem antes da pandemia de covid-19, refletem o esgotamento do excedente de mão de obra pelo rápido crescimento da indústria automotiva. Esse crescimento levou à escassez de mão de obra na década de 2010, elevando os salários e prejudicando a taxa de lucro (Pavlínek, 2023). A escassez generalizada de mão de obra na indústria automotiva (Adăscăliței e Guga, 2020; Guga, 2019; HIPA, 2020; Szabo *et al.*, 2022) é vista como a principal barreira ao investimento futuro. A falta de mão de obra forçou as empresas a dependerem cada vez mais de trabalhadores estrangeiros e de empregos temporários. E, o mais importante, ratificando as teorias de desenvolvimento econômico desigual (por exemplo, Harvey, 2005), algumas montadoras e fornecedores de componentes, especialmente aqueles envolvidos em produção intensiva em mão de obra, têm buscado novos locais potencialmente mais lucrativos, com mão de obra excedente e mais barata, para investimentos futuros em países como Sérvia, Moldávia, Bósnia e Herzegovina, Macedônia do Norte e até mesmo no Norte da África (Pavlínek, 2018, 2020).

A PSA e a Renault instalaram montadoras no Marrocos, visando uma produção anual de um milhão de veículos até meados da década de 2020 (Bolduc, 2017; Henry, 2020).

Atualização e funções de maior valor agregado na indústria automotiva da EO

O IDE na indústria automotiva do Leste Europeu levou ao estabelecimento de uma clara divisão do trabalho na indústria automotiva europeia. Ao investir na EO, as empresas estrangeiras buscaram principalmente redução de custos para aumentar sua lucratividade e competitividade (Pavlínek, 2002d, 2020). Isso implicou um foco na instalação de atividades de manufatura, enquanto funções de maior valor agregado permaneceram concentradas nos países de origem dos investidores estrangeiros (Pavlínek, 2016, 2022a, Pavlínek e Ženka, 2016). Na década de 1990, o foco da indústria automotiva na EO consistia em operações de montagem de baixo valor agregado e intensivas em mão de obra, frequentemente baseadas em investimentos transfronteiriços na produção de componentes e montagem de automóveis (Pavlínek, 1998; Pavlínek e Smith, 1998). Contudo, com o tempo, a produção automotiva gradualmente atualizou-se para um sistema mais sofisticado e intensivo em capital de produção de veículos e componentes de alta qualidade (Pavlínek *et al*., 2009; Pavlínek e Ženka, 2011). Ainda assim, os baixos custos de mão de obra seguem desempenhando um papel relevante no controle dos custos de produção, contribuindo assim para a competitividade geral tanto dos produtos acabados quanto das principais montadoras (Boyer e Freyssenet, 2002) (Tabela 1).

Tabela 1 – Custos unitários do trabalho por pessoa empregada na indústria automotiva europeia (NACE 29), em milhares de euros, por país, em 2022

País	Milhares de EUR	Alemanha = 100
Suíça	80,27	111,9
Alemanha	71,76	100,0
Dinamarca	57,97	80,8
Noruega	56,72	79,0
Áustria	55,83	77,8

Continua.

Tabela 1 – (Continuação)

País	Milhares de EUR	Alemanha = 100
Holanda	53,33	74,3
Suécia	50,21	70,0
França	48,68	67,8
Bélgica	47,67	66,4
Islândia	46,86	65,3
Finlândia	42,32	59,0
Irlanda	39,71 [a]	55,3
Espanha	37,02	51,6
Itália	35,08	48,9
Eslovênia	26,8	37,3
Tchéquia	22,18	30,9
Hungria	21,41	29,8
Eslováquia	21,14	29,5
Estônia	20,94	29,2
Lituânia	20,82	29,0
Portugal	19,35	27,0
Polônia	18,32	25,5
Romênia	17,57	24,5
Letônia	17,34	24,2
Chipre	14,57	20,3
Croácia	13,88	19,3
Grécia	12,24 [a]	17,1
Bósnia e Herzegovina	12,09	16,8
Bulgária	9,87	13,8
Sérvia	9,63	13,4

Fonte: Eurostat (2025c).
Notas: 2021a.

Atualmente, montadoras e muitos fornecedores de componentes na EO operam fábricas de última geração, baseadas em tecnologias avançadas (Layan, 2006). Não há, portanto, dúvida quanto à atualização de processos e produtos impulsionada por IDE (Humphrey e Schmitz, 2002) na indústria automotiva da EO desde a década de 1990 (Layan, 2006; Pavlínek *et al*., 2009; Szalavetz, 2019). Contudo, nem todas as empresas estrangei-

ras foram bem-sucedidas, como demonstra o fracasso dos investimentos da Daewoo (Pavlínek, 2006).

A atualização de processos e produtos foi também crucial para a competitividade e sobrevivência de empresas locais (nacionais) (Pavlínek e Ženka, 2011). Algumas delas, sobreviventes ou recém-estabelecidas, lograram se internacionalizar (Micek *et al*., 2021). No entanto, muitas empresas locais não resistiram: as mais bem-sucedidas foram adquiridas por empresas estrangeiras (Pavlínek, 2002c), enquanto as malsucedidas encerraram suas atividades (Pavlínek, 2000, 2002a, 2003). Como resultado, o crescimento geral das empresas locais tem sido muito mais lento do que o das empresas estrangeiras (Pavlínek, 2020), contribuindo para um domínio esmagador do capital externo sobre a indústria automotiva na EO (Tabela 2).

Tabela 2 – Índice de controle estrangeiro na indústria automotiva europeia, 2019

País	Percentual (%)
Eslováquia	97,9
Hungria	96,3
Romênia	94,2
Tchéquia	93,4
Bulgária	92,0
Polônia	89,7
Espanha	85,9
Portugal	84,5
Grã-Bretanha	83,6 b
Lituânia	83,6
Eslovênia	83,3
Áustria	80,1
Bósnia e Herzegovina	79,9 a
Bélgica	74,9
Suécia	63,5
Holanda	58,1 a
Estônia	57,2
Croácia	54,4 a
Irlanda	49,2
Dinamarca	44,6
Finlândia	31,3

Continua.

Tabela 2 – (Continuação)

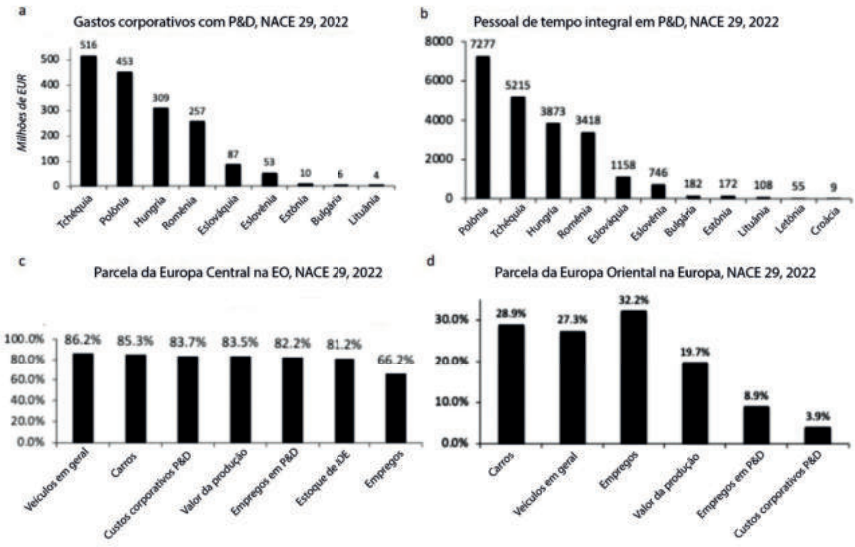
Noruega	25,1
França	24,1
Itália	23,6
Alemanha	14,9

Fonte: Elaboração própria a partir de Eurostat (2022a; 2022b).
Notas: Valor médio da participação de empresas controladas por estrangeiros em cinco indicadores na fabricação de veículos automotores, reboques e semirreboques (NACE_R2): valor da produção, valor agregado ao custo dos fatores, investimento bruto em bens tangíveis, número de pessoas empregadas e faturamento ou prêmios brutos emitidos. 2018a, [b]2017b.

Ao mesmo tempo, empresas estrangeiras investiram desproporcionalmente menos em atualização funcional e no desenvolvimento de funções de maior valor agregado, incluindo pesquisa e desenvolvimento (Darteyre e Guga, 2022; Domański e Gwosdz, 2009; Pavlínek, 2004, 2012, 2020) (Figura 3a e 3b). O investimento em P&D e o emprego nessa função controlados por capitais estrangeiros aumentaram gradualmente, uma vez que o baixo custo da força de trabalho em P&D atraiu IDE havendo vários exemplos de P&D automotiva bem-sucedida desenvolvida por empresas estrangeiras na EO (Guzik *et al*., 2020; Markiewicz, 2019; Pavlínek, 2012; Pavlínek *et al*., 2009; Szalavetz, 2019). No entanto, persistem barreiras importantes relacionadas à organização de P&D corporativo (Pavlínek, 2012) e à escassez de mão de obra qualificada em P&D (Pavlínek, 2018; Szalavetz, 2022).

Consequentemente, a parcela de empregos em P&D e os gastos nessa área na indústria automotiva da EO permanecem baixos em comparação com a Europa Ocidental (Tabelas 3 e 4) (Pavlínek, 2022a). Embora a EO tenha sido responsável por 32,2% dos empregos na indústria automotiva da UE em 2022, sua parcela de empregos em P&D foi de 8,9% e a parcela de gastos corporativos em P&D foi de apenas 3,9% em 2022 (Figura 3d). A escassez geral de P&D automotiva na EO também é ilustrada pelo exíguo número de patentes em comparação com a Europa Ocidental (Delanote *et al*., 2022). Apesar de uma gradual atualização tecnológica de determinadas funções que não P&D em subsidiárias estrangeiras da indústria na EO (Sass e Szalavetz, 2013; Szalavetz, 2022), investigações empíricas em nível de empresa revelaram a fraca presença de funções estratégicas e de alto valor agregado (Pavlínek, 2016; Pavlínek e Ženka, 2016), o que está estreitamente relacionado à distribuição de funções na hierarquia corporativa (Hymer, 1972; Pavlínek, 2012).

Figura 3 – P&D na indústria automotiva da EO e percentuais regionais da indústria automotiva



Fonte: Elaboração própria, com base na Eurostat (2025a; 2025b; 2025c) OICA (2025).

Nota: Dados para NACE 29, de 2020, dados de P&D para 2019, Europa exclui Rússia, Ucrânia, Bielorrússia, Turquia.

A periferia integrada da indústria automotiva europeia

Relatos acríticos e simplistas do desenvolvimento da indústria automotiva na EO o consideram um absoluto sucesso, destacando os efeitos de curto prazo do IDE sobre capital, emprego e produção (Jakubiak *et al*., 2008; Kureková, 2012; Kureková Mýtna, 2018; Markiewicz, 2019). Esses relatos tendem a apresentar o crescimento da indústria automotiva como um êxito da economia nacional, ignorando o fato de que ele é basicamente resultado de grandes entradas de IDE, tendo escassa relação com a natureza e o nível de desenvolvimento da economia nacional. Ao mesmo tempo, tais descrições minimizam ou ignoram completamente os potenciais efeitos de longo prazo do desenvolvimento impulsionado por capital estrangeiro na forma de criação de novas dependências (de capital, tecnológicas, financeiras, de tomada de decisões) e as saídas de valor na forma de dividendos e repatriação de lucros (Dischinger *et al*., 2014a; 2014b) que afetarão a capacidade dos países da EO de melhorar sua posição na divisão internacional do trabalho

e fechar a lacuna de desenvolvimento com os países mais desenvolvidos da Europa Ocidental (Pavlínek, 2022b; Eurostat, 2022a, 2022c).

Portanto, é importante entender o curso da transformação atual e futura para a produção de EV na EO desde uma perspectiva evolucionária e no contexto de sua posição relativa como periferia integrada nas CGV/RGP da indústria automotiva europeia (Pavlínek, 2018; 2020; 2022a). Como, em outros trabalhos, já desenvolvi teoricamente o conceito de periferia integrada (Pavlínek, 2018, 2020), a discussão desse conceito se limita aqui a uma breve síntese das características básicas aplicadas à indústria automotiva da EO. Em grandes linhas, defini uma periferia integrada como

> uma área dinâmica de produção (industrial) de custo relativamente baixo que é geograficamente adjacente a um grande mercado e foi integrada dentro de uma rede de produção macrorregional centralizada por meio de IDE. Em uma periferia integrada, a produção, a organização e as funções estratégicas em uma determinada indústria são controladas externamente por meio de propriedade estrangeira (Pavlínek, 2018, p.144).

Assim, identifiquei as características básicas da periferia integrada da indústria automotiva europeia na EO da seguinte forma (Pavlínek, 2018, 2020):

1. Custos de mão de obra substancialmente mais baixos do que nas principais regiões da indústria automotiva europeia (Pavlínek, 2022a), como Alemanha, França e Itália, apesar de uma diferença salarial menor em 2022 do que na década de 1990, quando os salários na EO eram cerca de 90% mais baixos do que no Oeste europeu (Tabela 1).[8]
2. Um excedente considerável de mão de obra nos estágios iniciais de crescimento da indústria automotiva, o qual, no entanto, se esgota ao longo do tempo devido ao crescimento impulsionado pelo IDE levando à escassez de mão de obra que prejudica as perspectivas de crescimento futuro (por exemplo, HIPA, 2020; PwC, 2019).

8. Em 2001, em comparação com a Alemanha, os custos médios de pessoal (custos de pessoal por empregado) na indústria automotiva (NACE 29) eram 86% mais baixos na Eslováquia, 85% na Tchéquia, 84% na Polônia, 82% na Hungria e, também, 96% na Bulgária e 95% na Romênia (Eurostat, 2016).

3. A proximidade geográfica com mercados grandes e lucrativos em regiões centrais da Europa Ocidental, especialmente Alemanha, reduz os custos de transporte de produtos automotivos das periferias integradas para as áreas centrais e vice-versa, sendo ainda apoiada pelo desenvolvimento de infraestrutura de transporte moderna nas periferias integradas, como modernas autoestradas e ferrovias de alta velocidade.

4. A adesão à UE, ou a acordos comerciais preferenciais com a UE nos casos de países não pertencentes a ela, que proporcionam acesso livre de tarifas aos seus mercados.

5. Alto grau de propriedade e controle estrangeiro sobre a indústria automotiva por meio de IDE, o mais alto da UE. Geralmente, ultrapassa 90% nos países com maior participação da indústria automotiva na EO (Tabela 2).

6. Uma produção de alto volume voltada para a exportação, com foco em carros padronizados e componentes automotivos genéricos, juntamente com uma produção de baixo volume de veículos para nichos de mercado (Havas, 2000; Layan, 2006; Pavlínek, 2002d). Normalmente, mais de 90% dos veículos montados são exportados (OEC, 2025; Pavlínek, 2018; WTEx, 2025).

7. Especialização regional baseada na divisão espacial do trabalho, resultante da estratégia de especialização complementar (Kurz e Wittke, 1998), na qual a periferia integrada tem maior participação em tarefas de produção de baixo valor agregado intensivas em mão de obra em comparação com a indústria automotiva na Europa Ocidental (Jürgens e Krzywdzinski, 2009a; Pavlínek, 2002d; Slačík, 2022; Stöllinger, 2021).

8. Fraca presença de funções estratégicas e de alto valor agregado, como P&D e tomada de decisão estratégica, cotejada à extensão das funções de produção em periferias integradas (Tabelas 3 e 4, Figura 3d) (Delanote *et al*., 2022; Pavlínek, 2012, 2016, 2022a; Pavlínek e Ženka, 2016; Slačík, 2022; Stöllinger, 2021), resultando no desenvolvimento truncado da indústria automotiva (Pavlínek, 2017b).

9. Políticas estatais favoráveis ao IDE, grandes incentivos ao investimento, redução de impostos para as empresas e concorrência por IDE automotivo estratégico entre países, contribuindo para o "*race to the bottom*" na periferia integrada (Drahokoupil, 2008, 2009; Pavlínek, 2016).

10. Sindicatos fracos, legislação trabalhista mais liberal e práticas trabalhistas mais flexíveis em comparação com os países centrais da indústria automotiva, especialmente Alemanha (Drahokoupil e Myant, 2017; Jürgens e Krzywdzinski, 2009a; 2009b; Martišková *et al*., 2021).
11. Indústria automotiva nacional pouco desenvolvida em comparação ao setor automotivo controlado por estrangeiros (Tabela 2) (Pavlínek, 2018, 2020), resultando na integração de empresas nacionais em CGV/RGP macrorregionais em posição inferior e subordinada, principalmente como fornecedoras de baixo custo de terceiro nível (*tier three*) de produtos de nicho e peças e componentes simples (Pavlínek, 2018; Pavlínek e Janák, 2007; Pavlínek e Žížalová, 2016).

De um modo geral, não resta dúvida de que o desenvolvimento pós-1990 da indústria automotiva na EO foi muito exitoso quando medido por volumes de produção, empregos criados, capital investido, contribuição para o PIB e comércio exterior e outros indicadores quantitativos (Figura 1 e 2) (por exemplo, Delanote *et al*., 2022; Slačík, 2022). Contudo, ao mesmo tempo, a indústria automotiva controlada por capital estrangeiro na EO organizou-se na forma de CGV/RGP automotivas, baseadas em IDE e comércio exterior, em uma posição dependente e subordinada gerada por aquilo que a perspectiva RGP chama de "modo estrutural de acoplamento estratégico entre ativos regionais e as necessidades das corporações transnacionais" (Coe, 2021; Coe e Yeung, 2015). Mais especificamente, tem sido organizada principalmente como uma "plataforma de montagem" que se concentra em funções de produção e tem funções estratégicas fracamente desenvolvidas (Delanote *et al*., 2022; Pavlínek, 2016; Pavlínek e Ženka, 2016; Slačík, 2022; Stöllinger, 2021). Ela também se caracteriza por vínculos fracos entre empresas de propriedade estrangeira e as economias dos países anfitriões, o que se traduz em fracos efeitos secundários das empresas estrangeiras para as economias dos países anfitriões (Pavlínek, 2018; Pavlínek e Žížalová, 2016).

Esta situação contribui para uma baixa captura de valor da indústria automotiva em comparação com aquela na Europa Ocidental e tem consequências estruturais a longo prazo para a periferia integrada da EO, especialmente sobre sua capacidade de eliminar a brecha de desenvolvimento e equiparar os níveis salariais e o padrão de vida com a Europa Ocidental mais desenvolvida (Pavlínek, 2018, 2020, 2022a, 2022b).

Tabela 3 – Percentual de gastos corporativos com P&D no valor total da produção na indústria automotiva (NACE 29) de países europeus selecionados, 2021.

País	Percentual (%)	Alemanha = 100
Suécia	9,87	156,8
Alemanha	6,30	100,0
França	4,97	79,0
Áustria	4,42	70,2
Itália	3,16	50,2
Finlândia	3,14	49,9
Noruega	1,69	26,9
Espanha	1,43	22,6
Irlanda	1,30 b	20,7
Estônia	1,29	20,5
Eslovênia	1,26	20,0
Hungria	1,26	20,0
Polônia	1,15	18.3
Romênia	1,06	16,9
Letônia	0,98 a	15,5
Tchéquia	0,94	15,0
Grécia	0,73	11,6
Lituânia	0,70	11,2
Dinamarca	0,63 a	10,0
Bélgica	0,52	8,2
Portugal	0,42	6,7
Bulgária	0,29	4,6
Eslováquia	0,24	3,8
Macedônia do Norte	0,03	0,5
Sérvia	0,00	0,0

Fonte: Calculado pelo autor com base em dados do Eurostat (2025a; 2025c), Statistics Sweden (2023).

Notas: 2020a, 2017b. O valor para a Suécia foi calculado a partir do total de NACE 29 e NACE 30 (dados separados de NACE 29 indisponíveis).

Tabela 4 – Proporção de pessoal e pesquisadores empregados em P&D (de tempo integral) no total de pessoas empregadas na indústria automotiva (NACE 29) de países europeus selecionados, 2022

País	Percentual (%)	Alemanha =100
Suécia	48,1 a	167
Alemanha	28,8 a	100
França	27,8	97
Áustria	23,9	83
Eslovênia	21,7	75
Itália	21.2	74
Noruega	19.2	66
Polônia	17.3	60
Finlândia	15.6	54
Romênia	14.1	49
Hungria	12,7	44
Espanha	9.3	32
Tchéquia	9.1	32
Bulgária	8.7	30
Portugal	7,4 a	26
Dinamarca	6,7 b	23
Bélgica	4.0	14
Eslováquia	3.4	12
Macedônia do Norte	1.4	5
Sérvia	0,2	1

Fonte: Calculado pelo autor com base em dados do Eurostat (2025a; 2025c), Statistics Sweden (2023).

Notas: 2021a, 2019b. O valor para a Suécia foi calculado a partir do total de NACE 29 e NACE 30 (dados separados de NACE 29 indisponíveis).

A periferia integrada e a transição para produção de EV na Europa Central e Oriental

A posição relativa da periferia europeia oriental integrada nas CGV/RGP da indústria automotiva da Europa influenciará o curso de sua transição para produção de EV. Minha análise parte da suposição da inevitabilidade da mudança da produção de veículos ICE, baseada em três pontos. Primeiro, os limites de emissão impostos à indústria automotiva da UE pela Comissão Europeia (CLEPA, 2021; EC, 2019; Pardi, 2021) não podem ser

cumpridos sem abandonar a produção de veículos ICE. Segundo, são poucas atualmente as opções tecnológicas viáveis para o cumprimento desses limites pela indústria automotiva dentro do prazo especificado na legislação da UE. Consequentemente, um consenso se estabeleceu na indústria sobre o atendimento dos limites e normas de emissão pela mudança para produção de EVs (BEVs, PHEVs e híbridos) (Jetin, 2020; McKinsey & Company, 2021; Sigal, 2021). Terceiro, as tendências da indústria automotiva na direção de EV na China (Schwabe, 2020a; Yeung, 2019) e nos Estados Unidos (Slowik e Lutsey, 2018), o maior e o terceiro maior mercado (depois da UE) do mundo, geram pressões regulatórias e competitivas sobre as montadoras europeias para adotar a tecnologia de EV. Essa pressão se aplica nos mercados estrangeiros (especialmente na China) na forma de regulamentação estatal (Schwabe, 2020a; Yeung, 2019) e pela crescente concorrência com montadoras locais (chinesas e americanas) de EVs. Também se aplica nos mercados da UE devido à crescente concorrência dos EVs de empresas estrangeiras, especialmente a americana Tesla, de EVs fabricados por empresas estrangeiras na China que serão importados pela Europa (por exemplo, o Mini EV feito pela GM em Wuling) e de montadoras chinesas (Manthey, 2021a; Sigal, 2022b).[9] Ao mesmo tempo, a transição para a produção de veículos elétricos é arriscada e extremamente custosa (Delanote *et al*., 2022; Dijk *et al*., 2016) e envolve muitas incertezas para as empresas e fornecedores (CLEPA, 2021). O insucesso das montadoras sediadas na UE teria sérias repercussões não apenas para a indústria automotiva europeia, mas para toda a economia europeia (ACEA, 2022a).

Em termos da indústria automotiva da EO, pode-se elencar várias observações sobre como sua posição nas CGV/RGP e na divisão internacional do trabalho afetará sua transição para a produção de EVs.

A EO não é o centro de inovação para eletromobilidade

Primeiro, a EO não é e não será o centro de inovação para a eletromobilidade. Pesquisa e desenvolvimento em EV são conduzidos principalmente nos países de origem de empresas montadoras e grandes fornecedores globais de primeiro nível (*tier one*), que estão localizados principalmente na Euro-

9. Em 2023, a China foi o maior exportador de veículos para o mercado da União Europeia, enquanto os EUA foram o sétimo maior. As importações de veículos chineses cresceram de 81 mil em 2015 para 196 mil em 2020 e 782 mil em 2023. As importações de veículos americanos aumentaram de 245 mil em 2015 para 394 mil em 2020, antes de caírem para 285 mil em 2023 (ACEA, 2022a, 2024a).

pa Ocidental, Estados Unidos, Japão e Coreia do Sul. Com a exceção parcial da Škoda Auto e da Dacia, devido à sua posição como empresas líderes de segundo nível (*tier two*) (Pavlínek, 2015b; Pavlínek e Janák, 2007). Uma empresa líder de segundo nível detém significativa autonomia para produzir, gerenciar e desenvolver uma marca distinta dentro de um grupo maior. Como tal, tem muitos dos atributos das principais empresas automotivas, incluindo sua própria rede internacional de produção e distribuição, que ela coordena e controla. Tem o poder de selecionar fornecedores e, assim, determinar quem será incluído ou excluído de sua rede de fornecedores e sob quais condições os fornecedores entregam componentes para a montagem. Porém, as empresas líderes de segundo nível são de propriedade estrangeira, o que significa que seu poder e autonomia são limitados. As decisões e o controle finais estão nas mãos de seus proprietários últimos, quais sejam, as empresas líderes de primeiro nível, que são a VW, no caso da Škoda Auto, e a Renault, no caso da Dacia.

Apesar de alguns poucos exemplos adicionais de P&D desenvolvidos por empresas montadoras, como 673 funcionários de P&D que trabalham no desenvolvimento técnico na Audi Hungria (Beutnagel, 2024), as competências de P&D dos fabricantes de automóveis são muito limitadas ou completamente ausentes na EO (Pavlínek, 2012). Isso também se aplica ao setor de fornecedores, apesar do desenvolvimento seletivo de atividades de P&D por empresas transnacionais estrangeiras na EO (Guzik *et al*., 2020; Pavlínek, 2012; Pavlínek *et al*., 2009), como se observa pela baixa participação de despesas com P&D corporativa no valor total da produção e na baixa participação de pessoal de P&D e pesquisadores no total de pessoas empregadas na indústria automotiva (Tabelas 3 e 4).

Tal situação caracteriza o "desenvolvimento truncado", que se refere à ausência ou pouca participação de atividades de alto valor agregado, como atividades de P&D, planejamento estratégico, tomada de decisão sobre grandes investimentos, nas fábricas de propriedade estrangeira em regiões receptoras do investimento, e à sua concentração em países de origem dos investidores estrangeiros, geralmente nas sedes e centros de P&D corporativos (Britton, 1980, 1981; Hayter, 1982; Pavlínek, 2017b). O desenvolvimento truncado é bastante pronunciado na indústria automotiva da EO devido ao alto grau de propriedade e controle estrangeiros (Tabela 2) (Pavlínek, 2016; Pavlínek e Ženka, 2016). Isso se dá apesar do fato de que as atividades de inovação nos sistemas regionais centro-periferia, como o da indústria europeia, se disseminam, gradual e seletivamente, das áreas cen-

trais para as periferias integradas da indústria automotiva, incluindo algumas atividades de P&D relacionadas à eletromobilidade (Friedmann, 1967; Pavlínek, 2022a; Pavlínek *et al*., 2009).

Por exemplo, a Škoda Auto vem desenvolvendo novas atividades de P&D na Tchéquia relacionadas à transição para a produção de EV (Škoda Auto, 2021c), embora essas tais atividades sejam muito mais tímidas do que as desempenhadas pelo principal centro corporativo de P&D da VW na Alemanha. Apesar do desenvolvimento gradual e seletivo de atividades inovadoras, impulsionadas principalmente por força de trabalho de P&D mais barata na EO do que na Europa Ocidental, a intensidade e o volume das atividades de inovação seguirão sendo muito mais fortes nas áreas principais do que na periferia integrada. O principal motivo são as melhores condições para atividades de inovação nas áreas principais (Isaksen e Trippl, 2017; Tödtling e Trippl, 2005), o que se reflete em maior emprego em P&D na indústria e maiores gastos com P&D na Europa Ocidental em comparação com a EO (Tabelas 3 e 4).

Um ritmo mais lento de transição para a produção de EV do que na Europa Ocidental

A segunda observação refere-se à transição para produção de EV na EO, cuja velocidade é menor do que aquela da Europa Ocidental, especialmente quando comparada aos principais países da indústria automotiva europeia (Alemanha, França, Itália). Por exemplo, a Renault tem planos de que 90% de sua venda seja de BEV até 2030; mas sua marca de baixo custo, a Dacia, sediada na Romênia, pode atingir apenas 10% de BEV, de acordo com o diretor de P&D do Grupo Renault (Randall, 2021), e tem planos de vender ICE "pelo maior tempo possível", de acordo com o CEO da Dacia (ANE, 2022a).

Embora fábricas totalmente dedicadas à produção em larga escala de EV já estejam operando na Europa Ocidental (por exemplo, as fábricas da VW em Zwickau e Emden, a fábrica da Tesla perto de Berlim) ou estejam sendo construídas (por exemplo, a fábrica Trinity da VW perto de Wolfsburg), as montadoras do Leste europeu até agora têm usado a estratégia de produção mista, com EVs montados juntamente com veículos ICE na mesma fábrica. Esta estratégia tornará mais difícil alcançar economias de escala e, portanto, diminuir custos de produção de EV. Para tornar este tipo de produção mista viável nos curto e médio prazos, as fábricas da EO planejam compen-

sar com menores custos de produção e alta flexibilidade de mão de obra. No longo prazo, no entanto, esta estratégia não pode competir com a produção de fábricas totalmente dedicadas a EV e com o modelo de produção em que cada linha de montagem é totalmente dedicada a uma plataforma (Gibbs, 2019b). Consequentemente, a estratégia de produção mista pode se tornar uma grande desvantagem para a posição competitiva das fábricas do Leste europeu no futuro. Até o momento, conhece-se apenas três exceções à estratégia de produção mista na EO. A primeira é a fábrica da BMW, que está em construção em Debrecen, Hungria. A fábrica de Debrecen também foi originalmente planejada para a produção mista de modelos com ICE e trens de força eletrificados (BMW, 2018). No entanto, depois de adiar por três anos a construção da fábrica e o início da produção, decidiu-se dedicá-la integralmente à produção de veículos elétricos (BMW, 2020). A segunda exceção é a fábrica da Volvo, anunciada em 2022, que está em construção na Eslováquia (Hampel, 2022c), e a terceira é a fábrica da BYD, que está em construção na Hungria (Westerheide, 2024a) (Tabela 7). Esses três casos sugerem que fábricas totalmente dedicadas a veículos elétricos serão eventualmente desenvolvidas na Europa Oriental para atender aos mercados da UE e provavelmente coexistirão com as fábricas que produzem veículos com motores a combustão interna para mercados fora da UE.

Produção mais prolongada de veículos ICE e de motores a combustão interna do que na Europa Ocidental

A terceira observação concerne à produção de motores a combustão e de carros com esses motores, que continuará por mais tempo na EO do que na Europa Ocidental. A reestruturação da produção de veículos ICE na Europa implicará o fechamento de fábricas de motores a combustão interna ou sua conversão para a produção de motores elétricos ou baterias nos países centrais da indústria europeia, de altos salários, como Alemanha e França. A produção restante de motores a combustão interna será transferida para países com salários mais baixos na periferia integrada, como a EO (Sigal, 2022a). Em alguns casos, a produção de veículos com ICE e desses motores já está sendo transferida da Europa Ocidental para o Leste Europeu, o que, em curto e médio prazos, pode beneficiar as localidades da EO por meio de investimentos adicionais, criação de empregos e aumento da produção. Por exemplo, a VW transferiu a produção do VW Passat da Alemanha para a Eslováquia, para abrir espaço para a produção de EV na Alemanha (VW, 2021); a Stellantis aumentou a capacidade

de produção de sua fábrica de motores em 50% em Szentgotthárd, Hungria, para iniciar a produção de novos motores a gasolina de 1,6 litro no primeiro semestre de 2023 (Hungarian Insider, 2021); e a Ford transferiu a produção do motor a combustão interna de 1,0 litro de Colônia, Alemanha, para sua fábrica de motores de Craiova, na Romênia (Hampel, 2022a).

A produção de carros com ICEs continuará por mais tempo na EO do que na Europa Ocidental por várias razões: (1) há fábricas montadoras mais novas e modernas do que na Europa Ocidental; (2) tecnologias mais antigas continuam por mais tempo em locais periféricos do que em locais centrais de sistemas espaciais, de acordo com o modelo de ciclo de vida do produto (Vernon, 1966); (3) a EO tem a vantagem de custos de produção mais baixos do que na Europa Ocidental (Tabela 1); (4) a EO continuará a produzir veículos ICE para mercados de fora da UE, como a Škoda Auto, que produzirá carros ICE para os mercados em regiões menos desenvolvidas, como Índia, Sudeste Asiático, América do Sul e África (Škoda Auto, 2021b); e (5) a transição para produção de EVs na EO será impulsionada principalmente pela demanda estrangeira. Mais de 90% dos carros produzidos na EO são exportados e a demanda por veículos elétricos tem sido baixa na EO em comparação com a Europa Ocidental devido aos preços mais altos dos veículos elétricos em comparação aos carros com motores a combustão interna e aos subsídios limitados para a compra de veículos elétricos (ACEA, 2021; 2022b). Para as montadoras, fará sentido continuar a fabricar veículos com motores a combustão interna (ICE) próximos ao mercado da EO, onde também serão vendidos.

Por todas essas razões, podemos presumir que a periferia integrada da EO será a última região da UE a encerrar completamente a produção de veículos a combustão interna. A produção de carros ICE continuará por pelo menos mais 20 anos, a menos que haja uma decisão política da Comissão Europeia proibindo a produção e a venda de carros a combustão interna antes disso. Contudo, depender da continuidade da produção de carros ICE é uma estratégia arriscada para a indústria automotiva de EO, pois o atraso na introdução da produção em larga escala de EV pode prejudicar sua competitividade a longo prazo. A especialização contínua na tecnologia ICE, que se tornará rapidamente obsoleta, em vez da tecnologia de ponta de veículos elétricos a bateria, pode resultar em uma desvantagem a longo prazo na indústria automotiva de EO em comparação com países e regiões que passam por uma rápida transição para a produção de EV.

O futuro da indústria automotiva da EO dependente das transnacionais estrangeiras

Em quarto lugar, o alto grau de controle estrangeiro sobre a indústria automotiva da EO (Tabela 2) significa que o futuro da sua indústria, incluindo o curso da transição para a produção de EV, será decidido no exterior por grandes montadoras e fornecedores de componentes de propriedade estrangeira, por meio de suas decisões corporativas sobre a alocação de produção e investimento. Os grandes investidores estrangeiros alcançaram a "captura corporativa" de instituições e recursos nacionais e locais na Europa Oriental, o que atende principalmente às necessidades de empresas transnacionais estrangeiras, muitas vezes em detrimento das empresas nacionais e de outras necessidades locais (Drahokoupil, 2008, 2009; Pavlínek, 2016; Phelps, 2000, 2008).

O papel dos governos da Europa Oriental estará geralmente limitado aos esforços para influenciar essas decisões corporativas pela oferta de vários incentivos para investimentos para atrair IDE automotivo, especialmente grandes investidores (Pavlínek, 2016), incluindo IDE para fabricação de baterias. Por exemplo, €267 milhões de incentivo para investimento pela Eslováquia para a Volvo construir a fábrica montadora em Košice; €209 milhões em auxílio estatal para a SK On para a construção da fábrica de baterias em Iváncsa e €108 milhões concedidos à Samsung SDI para a expansão de sua fábrica de células de bateria em Göd pela Hungria; €95 milhões em auxílio dado à LG Energy Solution para expandir a fábrica de baterias em Wrocław pela Polônia e grandes incentivos para investimento prometidos pela Tchéquia para a construção de uma *gigafactory* de baterias (Tabelas 5 e 6).

Embora os países da EO estejam dispostos a oferecer grandes incentivos a investidores importantes, especialmente montadoras, grandes fornecedores e fabricantes de baterias, eles em geral têm seguido uma estratégia de aguardar. Consequentemente, o apoio do Estado à transição para produção de EV além de incentivos para investimento até agora tem sido limitado. Tem havido apoio estatal em diferentes níveis, mas em geral fraco, para a construção de infraestrutura (estações de carregamento) (ACEA, 2024b; Darteyre e Guga, 2022; Grzegorczyk, 2021; Transport & Environment, 2020) e para a compra de EV. Por exemplo, em 2023, Hungria, Romênia e Croácia ofereceram generosos incentivos para compra de EV; incentivos menores foram oferecidos na Estônia, Lituânia, Polônia e Eslovênia, e nenhum incentivo para indivíduos vigorou na Bulgária, Tchéquia, Letônia e Eslováquia (ACEA, 2023).

A Polônia representa uma exceção interessante. Seu governo tentou ativamente romper com a dependência do IDE na transição para EV, lançando o projeto do BEV nacional, o Izera, em 2020. O projeto Izera dependia fortemente de tecnologias e *know-how* estrangeiros. Três modelos Izera seriam projetados pela empresa de *design* italiana Pininfarina e construídos na plataforma SEA da Geely. O plano previa que os componentes seriam fornecidos principalmente por fornecedores poloneses. No entanto, a falta de recursos financeiros levou primeiro ao adiamento do projeto Izera e, posteriormente, ao seu cancelamento em dezembro de 2024 (Đorđević, 2021; Hampel, 2022b; Poland Daily 24, 2024; Randall, 2023a, 2023b).

Tabela 5 – *Gigafactory* de baterias na EO, incluindo projetos anunciados

Empresa e país de origem	Capacidade (GWh)	Data de início	Localização	Notas
LG Energy Solution, Coreia do Sul	70	2018	Wrocław, Biskupice Podgórne, Polônia	Expansão para 70 GWh em 2022, 115 GWh em 2025. Investimento total de € 1,5 bilhão, 6.000 trabalhadores em tempo integral. Incentivos de investimento de € 95 milhões para expandir a usina.
SK On (SK Innovation), Coreia do Sul	7,5	2020	de Komárom, Hungria	Expansão para 23,5 GWh até 2023, 1.300 trabalhadores. Investimento de € 688 milhões.
SK On, Coreia do Sul	-	2022	Komárom 2, Hungria	9,8 GWh, opção até 16 GWh. Investimento de € 753 milhões.
Samsung SDI, Coreia do Sul	40	2017	de Göd 1 e 2, Hungria	Investimento de € 1,30 bilhão. Incentivos ao investimento de € 108 milhões. A modernização da planta 1 e a expansão da planta 2 começaram em 2025. Investimento adicional de € 1,05 bilhão.
Sunwoda Electronics, China	-	2025	Nyiregyhaza, Hungria	Investimento de € 1,5 bilhão.
Eve Energy, China	-	2026	Debrecen, Hungria	Capacidade planejada: 28 GWh, investimento de € 1 bilhão, 1.000 empregos. Incentivos ao investimento de € 38 milhões. Fornecimento para a fábrica da BMW em Debrecen.
SK ON, Coreia do Sul	-	2028	Iv á ncska Planta 3, Hungria	9,8 GWh, aumentando para 30 GWh em 2028, 2.500 empregos. Investimento total da SK Innovation na Hungria: € 1,6 bilhão. Incentivos ao investimento: € 209 milhões.
CATL, China	-	2028	Debrecen, Hungria	Capacidade planejada: 100 GWh, investimento de € 7,34 bilhões, 9.000 empregos.

Continua.

Tabela 5 – (Continuação)

Empresa e país de origem	Capacidade (GWh)	Data de início	Localização	Notas
EIT InnoEnergy, Holanda	-	2028	Subótica, Sérvia	A primeira *gigafactory* de baterias de íons de lítio LFP na Europa. 8 GWh planejados para 2028. Baseada na tecnologia LFP desenvolvida pela empresa sérvia ElevenEs em Subotica.
Avesta Battery and Energy Engineering, Bélgica	-	2026	Galați, Romênia	Capacidade planejada: 22 GWh, investimento de € 1,4 bilhão, 8.000 empregos.
Gotion High-Tech e InoBat, China/ Eslováquia	-	2026	Šurany, Eslováquia	Investimento total de € 1,23 bilhão. Capacidade planejada de 20 GWh, com previsão de expansão para 60 GWh no futuro. Mais de 1.000 trabalhadores.
Rio Tinto e InoBat, Eslováquia	-	2025	Ćuprija, Sérvia	Um memorando de entendimento com o Ministério das Finanças da Sérvia e o Município de Ćuprija foi assinado em setembro de 2023. Capacidade inicial: 4 GWh, que pode crescer até 32 GWh, incentivos de investimento de € 419 milhões.

Fonte: Elaboração própria, com base em várias matérias de jornais e comunicados de imprensa das empresas.

Tabela 6 – IDE selecionados na indústria de baterias na EO, incluindo investimentos futuros anunciados

Empresa, país de origem	Ano de início	Localização	Notas
SK IE Technology (SK Innovation), Coreia do Sul	Planta 1: 2021, Planta 2: 2023, Planta 3: 2024, Planta 4: 2024	Dąbrowa Górnicza, Polônia	Plantas para separadores utilizados em baterias de carros elétricos. Mil novos empregos. Investimento total de US$ 1,5 bilhão.
EcoPro BM, Coreia do Sul	2024-2025	Debrecen, Hungria	Fábrica de materiais catódicos para baterias de carros elétricos. Investimento de € 715 milhões.

Continua.

Tabela 6 – (Continuação)

Empresa, país de origem	Ano de início	Localização	Notas
Enchem, Coreia do Sul	Desconhecido	Komá rom, Hungria	Unidade de produção de sal de lítio para baterias de íons de lítio com capacidade anual de 20.000 toneladas. O investimento foi anunciado em 2021.
Anodox Energy, Suécia	2022	Riga, Letônia	A montagem de baterias para veículos elétricos deve começar em dezembro de 2022. Uma segunda fábrica deve ser construída em seguida. Investimento: € 50 milhões, 300 empregos. O status não era claro em 2023.
Enchem, Coreia do Sul	2020	Biskupice Podgórne, Polônia	Unidade de produção de sais de lítio para baterias de íons de lítio com capacidade anual de 20.000 toneladas. A construção da segunda fábrica em Kobierzyce foi anunciada para 2022.
Capchem, China	2022	Śrem, Polônia	Uma fábrica de produção de eletrólitos de € 50 milhões para 40.000 toneladas de eletrólito por ano, 60 empregos.
Daimler, Alemanha	2022	Jawor, Polônia	Instalação de montagem de baterias, 100.000 baterias para BEV e PHEVs por ano.
Northvolt, Suécia	2022	Gdańsk, Polônia	Produção de módulos de bateria. Capacidade inicial de 5 GWh em 2022 e potencial para 12 GWh.
Umicore, Bélgica	2022	Nysa, Polônia	Fábrica de materiais catódicos, 400 empregos. A capacidade de produção aumentará para mais de 200 GWh/ano para produzir células de bateria para 3 milhões de veículos elétricos após 2025.

Continua.

Tabela 6 – (Continuação)

Empresa, país de origem	Ano de início	Localização	Notas
Ionway (uma joint venture entre a VW e a Umicore) Bélgica/ Alemanha	.. (anunciado em 2023)	Nysa, Polônia	A segunda fábrica de materiais catódicos no mesmo local anunciou em 2023 Investimento: € 1,7 bilhão, 900 empregos até 2030, incentivos ao investimento de € 350 milhões.
SKC (SK Group), Coreia do Sul	2024	Stalowa Wola, Polônia	Fábrica de folhas de cobre para uso em baterias de veículos elétricos. Investimento de € 693 milhões, capacidade inicial de 50.000 toneladas por ano.
Volkswagen (Škoda Auto), Alemanha	2019	Mladá Boleslav, Tchéquia	Linha de montagem de baterias automotivas de € 130 milhões para a plataforma MQB do Grupo VW. 205.784 baterias montadas em 2022. Capacidade anual de 380.000 sistemas de baterias MEB alcançada no final de 2023. 250 empregos. Expansão para 1.500 baterias por dia anunciada em 2023.
Stellantis, França	2019	Trnava, Eslováquia	Montagem de baterias de automóveis (35.922 montadas em 2020).
Porsche, Alemanha	2024	Horná Streda, Eslováquia	Fábrica de montagem de módulos de baterias de automóveis de € 195 milhões, 60 empregos, incentivos de investimento de € 4,2 milhões.
Dräxlmaier, Alemanha	2022	Timisoara, Romênia	Sistemas de baterias para carros híbridos. Investimento de € 200 milhões. Mais de 1.000 empregos.
BYD, China	.. (anunciado em 2023)	Fót, Hungria	Fábrica de montagem de baterias. Investimento de € 27 milhões, 100 empregos, incentivos ao investimento de € 3,8 milhões.

Continua.

Tabela 6 – (Continuação)

Empresa, país de origem	Ano de início	Localização	Notas
Huayou Cobalto, China	.. (anunciado em 2023)	Ács, Hungria	Planta de material catódico para baterias ternárias de lítio ricas em níquel. Investimento de € 1,4 bilhão (€ 250 milhões na primeira fase). Capacidade anual de 100.000 toneladas métricas (capacidade inicial de 25.000 toneladas métricas).
Andrada, Eslovênia	.. (anunciado em 2023)	Alsózsolca, Hungria	Fábrica de reciclagem de baterias para carros elétricos. Investimento de € 26 milhões. Capacidade anual de 10.000 toneladas de baterias recicladas por ano. Incentivos ao investimento: € 12 milhões. 200 empregos.
Grupo BMZ, Alemanha	.. (anunciado em 2023)	Skopje, Macedônia do Norte	Mais de 60 linhas de produção planejadas até 2028. A produção será transferida da Alemanha e da Polônia. Até 600 empregos.
Rock Tech Lithium, Alemanha/Canadá	2029	Romênia	Uma planta de produção de hidróxido de lítio para baterias. Investimento de € 715 milhões. Memorando de entendimento assinado em março de 2022. Local desconhecido.

Fonte: Elaboração própria, com base em várias matérias de jornais e comunicados de imprensa.

Notas: ".." = dado não disponível.

Em alguns casos, governos da EO têm sido hostis às regulamentações da Comissão Europeia e à transição para EV. Na Tchéquia, por exemplo, o primeiro-ministro, Andrej Babiš, declarou, em 2021: "Dissemos repetidas vezes que as metas [climáticas da UE] devem ser definidas de forma a não prejudicar nossa indústria... Deve ser feita de forma razoável, não com base em ideologia" (Prague Morning, 2021). Após as eleições de 2021, o novo primeiro-ministro da Tchéquia, Petr Fiala,

declarou em 19 de dezembro de 2021: "a proposta da Comissão Europeia de proibir a produção e as vendas de [novos] carros ICE após 2035 é inaceitável para o governo da Tchéquia" (Aktuálně.cz, 2021). O novo ministro da indústria e comércio da Tchéquia acrescentou: "Considero um absurdo proibir a venda de motores a combustão interna." (Prokeš, 2021c). O fraco papel do Estado na transição para produção de EV, como mero facilitador (Horner, 2017) na EO, reforça a suposição de que o futuro da indústria automotiva da região dependerá sobretudo das estratégias corporativas de empresas transnacionais estrangeiras.

As fortes e contínuas vantagens de localização para a indústria automotiva na Europa Central e Oriental

Em quinto lugar, a EO continuará a oferecer fortes vantagens locacionais para a indústria automotiva no contexto da UE. Tais vantagens incluem salários baixos em comparação com a Europa Ocidental, localização geográfica próxima dos grandes e afluentes mercados do ocidente europeu e adesão à UE. A EO seguirá sendo uma localização atrativa para potenciais novas montadoras de EV e para a produção de células e componentes de bateria. A longo prazo, a busca por lucro das empresas automotivas prevalecerá. Enquanto os salários na EO continuarem significativamente mais baixos do que na Europa Ocidental, especialmente na Alemanha, a EO será atrativa para a produção continuada e novos investimentos, incluindo investimento na indústria de baterias e produção de EV (Tabelas 5-7) (Pavlínek, 2020). Contudo, como já discutido, esse potencial pode ser prejudicado por insuficiência ou esgotamento do excedente de mão de obra, apesar dos baixos custos laborais, como ocorreu recentemente na Europa Central e na Romênia (Adăscăliței e Guga, 2020; Guga, 2019; HIPA, 2020; Pavlínek, 2015a; PwC, 2019). A decisão de localização da corporação japonesa Nidec, em 2021, ilustra esse ponto. Em dezembro de 2021, a Nidec iniciou a construção de uma fábrica de motores elétricos em Novi Sad, Sérvia, que foi inaugurada em 2023 e emprega mil trabalhadores. A Nidec também construiu uma fábrica menor para inversores automotivos e unidades de controle de motores, que criará 200 empregos. A Sérvia foi selecionada para a localização dessas fábricas por seus baixos salários (Tabela 1), excedente de mão de obra (taxa total

de desemprego de 9,1% em 2020, abaixo dos 19,4% em 2014) e futura adesão à UE (Eurostat, 2021; Manthey, 2021b; Nidec, 2021). Essas fábricas não foram construídas na Polônia ou na Hungria, apesar de sua maior experiência recente na fabricação de motores (Tabela 8) e da proximidade com o mercado, devido aos salários mais altos (Tabela 1) e à escassez de mão de obra, pontos considerados mais relevantes para a decisão de localização pela Nidec. Em última análise, quando as pré-condições básicas para o IDE automotivo estão presentes, como estabilidade política, ausência de barreiras comerciais com a UE e acesso de transporte ao mercado, é a combinação de custos e disponibilidade de mão de obra que impulsiona decisões concretas de localização da indústria automotiva na EO (HIPA, 2020; Nidec, 2021; Pavlínek, 2020; Vesić e Vukša, 2021).

As principais limitações dessas cinco observações sobre a transição para produção de EV estão relacionadas aos riscos geopolíticos e à volatilidade muito intensificados em razão da guerra de 2022 na Ucrânia e da crise energética que se desenrola na Europa. Os custos de energia se multiplicaram na EO, desde 2022. Isso, somado a uma forte dependência de países que são grandes produtores de veículos da EO, como Tchéquia, Eslováquia e Hungria, do gás natural produzido pela Rússia, pode minar uma das vantagens competitivas da EO na indústria automotiva. Por exemplo, em setembro de 2022, a VW alertou que poderia realocar a produção da Alemanha e da EO para suas fábricas no sudoeste da Europa ou áreas costeiras do norte da Europa devido à sua proximidade com terminais de gás natural liquefeito marítimo (ANE, 2022b). A EO também pode ser impactada pelo aumento do risco de investimento percebido, devido à sua proximidade geográfica com a Ucrânia, o que pode afetar negativamente futuras decisões de investimento por corporações transnacionais na indústria automotiva da EO.

Tabela 7. Produção de EV na EO em 2022, incluindo investimentos futuros anunciados a partir de 2024

Empresa líder	Marcas	Modelos	Localização	Notas
Rimac	Rimac	Supercarros elétricos	Zagreb, Croácia	Proprietário majoritário (55%) da Bugatti desde 2021, na *joint venture* Bugatti-Rimac, na qual a Porsche detém 45%. Produção em baixo volume.
Hyundai	Hyundai	Kona EV	Nošovice, Tchéquia	Produção em 2024: 33.300 BEV (10,1% da produção total de veículos), 21.328 PHEV (6,4% da produção total de veículos).
Grupo VW	Škoda	Enyaq iV EV, Elroq iV EV, Octavia iV PHEV	Mladá Boleslav, Kvasiny, Tchéquia	Produção em 2024: 57.213 veículos elétricos a bateria (8,9% da produção total de veículos Škoda na Tchéquia) e 16.602 veículos híbridos plug-in (1,9%). A produção em série do Enyaq Coupé iV foi lançada em fevereiro de 2022 e do Elroq em janeiro de 2025. Seis veículos elétricos a bateria estão planejados até 2026.
Toyota	Toyota	BEVs	Kolin, Tchéquia	Os veículos elétricos a bateria (BEV) serão montados a partir de 2028. Capacidade de produção de 100.000 BEV, investimento de 680 milhões de euros na expansão da fábrica e na montagem de baterias, incentivos ao investimento para a montagem de baterias: 64 milhões de euros, 245 novos empregos.
SOR	SOR	Ônibus elétricos	Libchavy, Tchéquia	Produção em 2024: 52 BEV (12,5% da produção total de veículos).
Iveco	Iveco	Ônibus elétricos	Vysoké Mýto, Tchéquia	Produção em 2024: 187 BEV (4,8% da produção total de veículos).
BMW	BMW	Carros elétricos de terceira geração, a Neue Klasse	Debrecen, Hungria	A produção em série começará no final de 2025 para produzir 150.000 veículos elétricos por ano.
BYD	BYD	Ônibus elétricos	Komárom, Hungria	Produção de ônibus elétricos por ano desde abril de 2017. A capacidade de produção de 400 unidades por ano será expandida para 1.250 ônibus elétricos por ano. A pedra fundamental para a expansão será lançada em 2025.
BYD	BYD	Golfinho, Atto 3	Szeged, Hungria	Fábrica de carros elétricos construída entre 2024 e 2026. A produção em série começará em 2026. Investimento: € 4 bilhões, 10.000 empregos.
Daimler	Mercedes-Benz	EQB	Kecskemét, Hungria	Produção em série do Mercedes EQB totalmente elétrico desde outubro de 2021.
Grupo VW	Audi	Q3 PHEV	Győr, Hungria	A produção começou em dezembro de 2020 e está integrada ao processo de produção existente de carros com motor a combustão interna.
Solaris	Solaris	Ônibus elétrico	Owińska, Polônia	A marca polonesa, de propriedade da CAF espanhola, vendeu 554 ônibus elétricos em 2024, além de 259 ônibus movidos a hidrogênio e 180 trólebus, de um total de 1.525.

Continua.

Tabela 7 — (Continuação)

Empresa líder	Marcas	Modelos	Localização	Notas
Grupo VW	MAN	Ônibus Lion's City E, ônibus híbrido	Starachowice, Polônia	A produção em série do ônibus elétrico Lion's City E-bus começou em outubro de 2020.
Stellantis	Fiat	Jeep Avenger SUV, Fiat 600e	Tychy, Polônia	Produção em série do SUV totalmente elétrico Jeep Avenger em fevereiro de 2023 e do Fiat 600e em setembro de 2023.
Ford	Ford	Puma Gen-E, E-Transit Courier e E-Tourneo Courier	Craiova, Romênia	A produção do Puma Gen-E totalmente elétrico, do E-Transit Courier e do E- Tourneo Courier começou em 2025. Capacidade anual de 150.000 BEV.
Stellantis	Fiat	Pandina EV	Kragujevac, Sérvia	O início da produção do pequeno veículo elétrico Pandana está previsto para 2024.
Kia	Kia	EV4 hatchback	Žilina, Eslováquia	A produção supostamente começará no segundo semestre de 2025. Verificar
JLR	Land Rover	Defender, Discovery PHEVs	Nitra, Eslováquia	O PHEV Defender desde setembro de 2021. Os VEB Defender e Discovery planejados para 2030.
Stellantis	PSA	Citroën ë-C, Baterias para todas as marcas	Trnava , Eslováquia	Peugeot e-208 BEV montado entre 2019 e 2023, quando foi transferido para Zaragoza, Espanha. Citroën ë-C montado desde 2024.
Grupo VW	Audi, Seat, Skoda, VW, Porsche	VW Touareg PHV, Touareg R PHV.	Bratislava, Eslováquia	Incluindo os veículos híbridos leves, os veículos eletrificados representaram quase 50% da produção total de veículos. O VW e-up! BEV foi descontinuado em 2023. O Porsche Cayenne BEV será produzido a partir de 2026.
Carros Geely Volvo	Volvo	Volvo EXC90, Polestar 7	Košice, Eslováquia	A construção da fábrica começou em 2023. A produção começará em 2026. Capacidade anual de até 250.000 veículos elétricos a bateria. 3.300 empregos (5.000 empregos após a introdução do segundo turno). Investimento: € 1,2 bilhão, incentivos ao investimento: € 267 milhões.
Renault-Nissan-Mitsubishi	Renault, Smart	Twingo Elétrico, Clio PHEV	Novo Mesto, Eslovênia	O Renault Twingo Electric está sendo fabricado exclusivamente pela Revoz e foi responsável por um terço de sua produção total em 2021. A produção do Smart Forfour EQ EV terminou em dezembro de 2021.

Fonte: Autor, com base em várias matérias de jornais e comunicados de imprensa das empresas.

Efeitos desiguais da transição para produção de EV na indústria automotiva

A tendência geral de abandono da produção de veículos a combustão interna em direção a veículos elétricos (EV) levará à reestruturação da indústria automotiva na Europa (McKinsey & Company, 2021; Sigal, 2021). As principais questões sobre a transição para a produção de EV na EO dizem respeito à sua velocidade e aos seus efeitos, ou seja, quanto tempo levará e como afetará essa indústria. No entanto, ao refletir sobre esses efeitos, precisamos ter em mente que a tendência à produção de EV é apenas uma das várias megatendências importantes que afetarão a indústria na EO. Outras tendências, como aquelas associadas à digitalização, robotização e automação da produção (Indústria 4.0), investimento contínuo, reinvestimento e relocalização da produção também terão impacto e provavelmente terão efeitos mais importantes no emprego do que a transição para produção de EV (ver, por exemplo, Bauer *et al*., 2020; Drahokoupil, 2020; Szabo, 2020).

A mudança para produção de EV provavelmente afetará os padrões de emprego, mas o fará de forma desigual em diferentes setores da indústria automotiva da EO. Os dois setores mais importantes da indústria automotiva estritamente definida que empregam o maior número de trabalhadores são a produção de peças e componentes (NACE 29.3) e a fabricação de veículos e motores (NACE 29.1). A NACE 29.3, que empregava 700.585 pessoas na EO em 2023 (Eurostat, 2025c), representando 78% de todos os empregos, provavelmente será a mais afetada[10]. Dentro da NACE 29.3, os fornecedores de componentes e peças para o *powertrain* ICE (por exemplo, componentes e peças para motores, caixas de câmbio, sistemas de combustível e escapamento) serão os mais afetados, pois seus produtos se tornarão redundantes nos BEV. Por exemplo, um motor a combustão tem 1.018 componentes forjados, enquanto um motor totalmente elétrico comparável tem apenas 143 (Schwabe, 2020b). O sistema de transmissão dos BEV é menos complexo do que em veículos convencionais e requer, por exemplo, apenas metade de seus rolamentos (Davies *et al*., 2015). Portanto, mesmo que a produção de ICE seja substituída pela de motores elétricos, isso pode resultar em perdas significativas de empregos, porque a produção de motores elétricos é menos intensiva em mão de obra do que a fabricação de ICEs (Bauer *et*

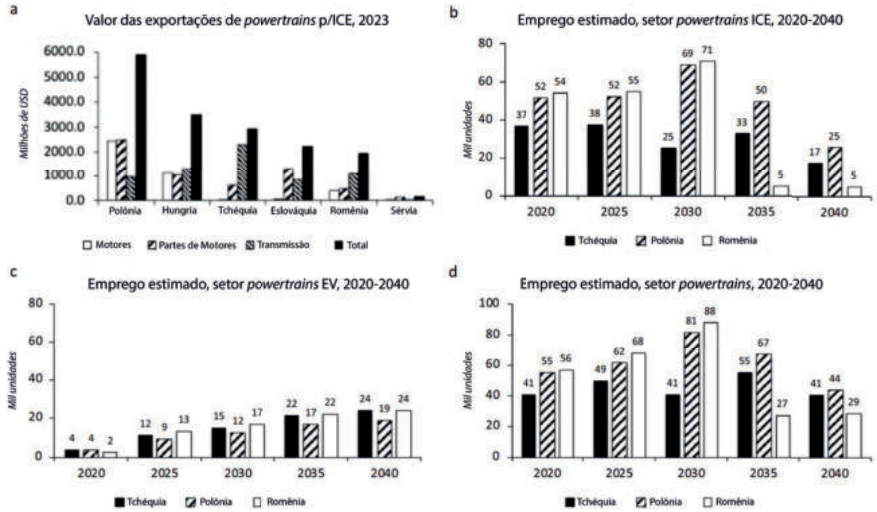
10. O emprego direto real na indústria automotiva é maior, pois, em sua definição ampla, a indústria automotiva também inclui empresas de outros setores industriais que fazem parte da sua cadeia de valor, mas não estão incluídas na NACE 29, como os fornecedores da indústria de plástico, indústria de borracha, equipamentos elétricos e indústria de ferro e aço.

al., 2020; CLEPA, 2021). Por outro lado, grandes segmentos da cadeia de suprimentos que não estão relacionados aos ICEs experimentarão pequenos ou nenhum efeito (por exemplo, assentos, rodas, peças estruturais, sistemas de ar-condicionado), e os novos segmentos da indústria automotiva relacionados ao sistema de baterias criarão empregos (por exemplo, baterias, sistemas de gerenciamento de baterias, sensores). Toda a indústria de baterias, incluindo a extração de matérias-primas, fabricação de células de bateria, montagem de baterias e reciclagem, pode criar até quatro milhões de empregos na UE (Harrison, 2021).

A mudança para EV também pode desequilibrar os padrões de emprego na NACE 29.1, que empregava 160 mil pessoas na EO em 2023 (Eurostat, 2025c), pois a montagem de EVs a bateria é menos intensiva em mão de obra do que a fabricação de carros tradicionais. Há menos peças mecânicas e, apesar de muitos novos componentes elétricos e eletrônicos e da bateria, menos trabalhadores são necessários na montagem final. Por exemplo, para manter os níveis de emprego de antes da transição para EV, a fábrica de EV da Volkswagen em Zwickau integrou alguns processos que costumavam ser terceirizados para fornecedores externos, como o trabalho de estampagem para o capô, paralamas e portas. Isso, em última análise, se traduz em menos empregos no setor de fornecedores (Gibbs, 2019a). A NACE 29.1 também será afetada porque a produção de motores elétricos é menos intensiva em mão de obra do que a fabricação de ICE (Bauer *et al*., 2020; CLEPA, 2021).

Tais efeitos serão geograficamente desiguais em toda a EO, uma vez que diferentes países da região têm diferentes graus de especialização na produção de diferentes produtos e componentes automotivos. Por exemplo, a Polônia e a Hungria são mais dependentes das exportações de ICE, peças de motor e transmissões do que outros países da EO (Figura 4a). A produção de motores e caixas de câmbio na Tchéquia e na Eslováquia é principalmente destinada a grandes montadoras locais de carros e não para exportações, embora a Tchéquia seja a maior exportadora de caixas de câmbio na EO. A Polônia, a maior produtora de motores, tem cinco fábricas de motores (Tabela 8) e sua exportação de motores atingiu US$ 2,4 bilhões em 2023 (OEC, 2025). A FCA Powertrain fechou sua fábrica de motores em Tychy, causando a perda de 870 empregos em 2024. Polônia, Eslováquia e Hungria também são os maiores exportadores de peças de motor da EO (Figura 4a), o que os torna potencialmente vulneráveis à diminuição na produção de ICE.

Figura 4 – Exportação de *powertrains* e emprego estimado na produção de *powertrains*, 2020-2040



Nota: Motor se refere a ICE; transmissão, a mecanismos de transmissão para veículos a motor.
Fonte: Elaboração própria, com base em OEC (2025), CLEPA (2021).

Tabela 8 – Fábricas de motores e transmissões na Europa Oriental

País	Produto	Empresa-mãe	Localização
Polônia	Motores	Volkswagen AG	Polkowice, Polônia
	Motores	Grupo Daimler	Jawor, Polônia
	Motores	Toyota Motor Europa	Wałbrzych, Polônia
	Motores	Toyota Motor Europa	Jelcz-Laskowice, Polônia
	Motores	Stellantis	Tychy, Polônia (fechado em 2024)
	Motores	Stellantis	Bielsko-Biała , Polônia
	Transmissões	Toyota Motor Europa	Wałbrzych, Polônia

Continua.

Tabela 8 — (Continuação)

Tchéquia	Motores	Volkswagen AG	Mladá Boleslav, Tchéquia
	Transmissões	Hyundai	Nošovice, Tchéquia
	Transmissões	Volkswagen AG (Škoda)	Mladá Boleslav, Tchéquia
	Transmissões	Volkswagen AG (Škoda)	Vrchlabí, Tchéquia
Romênia	Motores	Renault SA	Mioveni (Pitești), Romênia
	Motores	Ford Europa	Craiova, Romênia
	Transmissões	Daimler	Sebeș, Romênia
	Transmissões	Renault SA	Mioveni (Pitesti), Romênia
Hungria	Motores	Volkswagen AG	Györ , Hungria
	Motores	Stellantis	Szentgotthárd, Hungria
	Transmissões	ZF Friedrichshafen	Eger, Hungria
Eslováquia	Motores	Kia (Grupo Motor Hyundai)	Žilina, Eslováquia
	Transmissões	Getrag Ford	Kechnec, Eslováquia
	Transmissões	Volkswagen AG	Bratislava, Eslováquia

Fonte: Autoria própria, baseado em ACEA (2021a); ANE (2017).

Mas, mesmo no caso dos motores a combustão interna, a produção não necessariamente encerrará em 2035, pois algumas fábricas de motores elétricos, como a Škoda Auto na Tchéquia e seus fornecedores, planejam continuar a produzir ICE para mercados estrangeiros, que passarão por uma transformação muito mais lenta para a eletromobilidade, como Índia, América do Sul e Norte da África. A velocidade da transformação também será diferente para o segmento dos fornecedores. Na maioria dos casos, a mudança não será abrupta e as fábricas de motores poderão migrar gradualmente para a produção de motores elétricos. Por exemplo, a Audi em Györ, Hungria, a maior fábrica de motores da EO e do mundo, começou a produzir motores elétricos em 2018. Do total de 1.580.991 motores produzidos em 2024, 151.899 (9,6%) eram *powertrains* elétricos (Audi Hungaria,

2025). A produção aumentou em 2.000 motores elétricos por dia desde novembro de 2023 (Randall, 2024a). Até 2029, a produção de motores ICE poderá ser de apenas 271.000 (Sigal, 2022a).

Projeções de mudanças no emprego no setor de *powertrains* sob o cenário mais provável da transição para EV, preparadas para países europeus selecionados para o período de 2020-2040 pela CLEPA (2021), sugerem, para os países da EO: que o nível máximo de emprego relacionado a tecnologias de *powertrains* ICE será alcançado por volta de 2030, seguido por um declínio constante até 2040 (Figura 4b); que haverá um aumento constante do emprego em tecnologias de *powertrains* para EV (Figura 4c); o qual, no entanto, não compensará as perdas de empregos em tecnologias de ICE. No geral, projeta-se que quase 50% dos empregos em *powertrains* serão perdidos na Tchéquia, Polônia e Romênia entre 2030 e 2040. Comparado a 2020, o número de empregos na produção de *powertrains* ficaria 25% menor nesses três países em 2040 (Figura 4d) (CLEPA, 2021).

Os fornecedores automotivos nacionais são, em sua maioria, fornecedores cativos de terceiro nível ou fornecedores de nicho em CGV/RGP automotivas (Pavlínek, 2018; Pavlínek e Žížalová, 2016). Assim, as empresas nacionais estarão em posição de vulnerabilidade para implementar quaisquer mudanças relacionadas à transição para EV na Europa Oriental. Pesquisas empíricas sugerem o enfraquecimento da posição das empresas nacionais na indústria automotiva da EO devido à sua incapacidade de se beneficiar e acompanhar o rápido crescimento impulsionado pelo IDE nas décadas de 2000 e 2010 (Pavlínek, 2020).

A indústria de baterias na Europa Oriental

Atrair IDE para a fabricação de baterias e células é uma estratégia viável para atrair a montagem de EV, garantindo assim o futuro da indústria na EO e compensando as perdas de empregos causadas pela redução na produção de ICE, embora os empregos na montagem de baterias de EV não sejam de alto valor agregado (Szalavetz, 2022) e a produção de células de bateria seja altamente automatizada (Schade *et al*., 2022). Como as baterias são pesadas e podem representar até um terço do peso total do EV (Delanote *et al*., 2022), a proximidade geográfica das operações de fabricação de baterias reduz os custos de transporte envolvidos no transporte de baterias acabadas para uma montadora de veículos. Há também fortes razões estratégicas por trás do desenvolvimento da indústria de baterias na Europa, porque elas

representam 30%-50% do valor dos BEV (CLEPA, 2022). Estima-se que 24 novas *gigafactories* de baterias com capacidade anual de 25 GWh terão que ser construídas na Europa até 2030 para atender à demanda europeia por baterias (McKinsey & Company, 2021). Em dezembro de 2020, a UE especificou seus requisitos de conteúdo local para a produção de baterias de lítio, que exigem a localização de partes essenciais de sua cadeia de valor na Europa, entre 2024 e 2027 (por exemplo, cátodos, ânodos e produtos químicos), com a meta de atingir 100% de fornecimento europeu até 2027. A Comissão Europeia aprovou grandes subsídios para o desenvolvimento da indústria de baterias (€3,2 bilhões em 2019 e €2,9 bilhões em 2020) (Harrison, 2021). Essas medidas apoiarão o crescimento dessa indústria na EO, incluindo o aumento de empregos de alto valor agregado em projeto e teste de baterias, o que já foi documentado em alguns casos famosos de *startups* locais, como a InoBat, na Eslováquia, e a ElevenEs, na Sérvia, e também em algumas subsidiárias estrangeiras (Szalavetz, 2022) (Tabela 6). No entanto, como a produção de células de bateria é muito intensiva em energia, o crescimento futuro da indústria de baterias na EO provavelmente será afetado negativamente pelo aumento drástico dos preços da energia e pelo alto grau de dependência do gás natural russo, a menos que fontes alternativas de energia barata sejam encontradas.

Depósitos de lítio, matéria-prima crucial para a produção de baterias automotivas, têm sido potencialmente uma das vantagens locacionais da EO para o desenvolvimento da indústria de baterias. Dois grandes depósitos foram descobertos na EO: um no oeste da Tchéquia, nas Montanhas Ore, perto da fronteira com a Alemanha, que é o maior depósito de lítio da Europa (até 3% dos depósitos globais de lítio), o outro na região de Loznica, no oeste da Sérvia, ao longo do rio Drina, perto da fronteira com a Bósnia e Herzegovina. Empresas transnacionais estrangeiras de mineração, a Australian European Metals Holdings (EMH), no caso da Tchéquia, e a anglo-australiana Rio Tinto, no caso da Sérvia, estavam interessadas em minerar os depósitos de lítio. Em ambos os casos, no entanto, os projetos de mineração tornaram-se altamente politizados. No caso da Tchéquia, após o clamor político sobre o controle de capital estrangeiro sobre o depósito de lítio, a empresa de energia ligada ao governo, a ČEZ, adquiriu a participação majoritária na Geomet, subsidiária da EMH, por €32 milhões, porque ela detinha licenças de exploração para depósitos de lítio (Deloitte, 2021). A ČEZ e a EHM estão planejando a mineração de lítio, que, de acordo com o governo tcheco, pode começar em 2026, mas nenhuma decisão foi

tomada (HN, 2019; 2021; 2023). No caso da Sérvia, o governo interrompeu o projeto de mineração de US$ 2,4 bilhões em janeiro de 2022 após a forte resistência de comunidades locais e ambientalistas (Randall, 2022), mas reverteu sua decisão em julho de 2024 (Westerheide, 2024b). A Comissão Europeia apoiou o projeto de mineração com sua inclusão entre os projetos estratégicos para a UE em 2025 (Todorović, 2025), mas ainda não se sabe se isso avançará mediante aos protestos públicos.

O desenvolvimento da indústria de baterias na EO, que era originalmente limitado em comparação com a Europa Ocidental (AMS, 2021; Dunn, 2022; Williams, 2021), ganhou fôlego recentemente. Em dezembro de 2024, 29,3% da capacidade instalada concluída ou planejada de projetos de *gigafactories* de baterias de lítio estavam na EO (Heimes e Bockey, 2025). Nessa região, o ganho de escala, até 2024, restringiu-se principalmente à Hungria (15,3% do total europeu) e Polônia (8,2%) (Tabela 5). O grande investimento, recentemente anunciado, em três outras *gigafactories* na Hungria aumentará significativamente a participação do país, que já é a maior em toda a Europa. Em 2023, entre os maiores exportadores de baterias elétricas do mundo, a Polônia tornou-se o segundo (US$ 12,7 bilhões, 8% das exportações globais) e a Hungria o quarto (US$ 9,9 bilhões, 6,2% das exportações globais) (OEC, 2025). Até 2030, projeta-se que a produção anual de baterias da Hungria atingirá 250 GWh, seguida pela Polônia (120 GWh), Sérvia (48 GWh), Tchéquia (25 GWh), Romênia (22 GWh) e Eslováquia (10 GWh) (Rzentarzewska e Cery, 2023). Na Eslováquia, uma *joint venture* entre a chinesa Gotion High Tech (80%) e a InoBat Auto (20%), a *startup* eslovaca, está investindo €1,23 bilhão na construção de uma *gigafactory* de 20 GWh, próxima à cidade de Trnava, para uma produção anual de até 150 mil baterias inteligentes. O início da produção está previsto para 2026, com expansão gradual para 60 GWh por ano no futuro (Randall, 2024b).

Nos próximos anos, também podemos esperar investimentos na indústria de baterias da EO por parte de empresas europeias, cujos crescentes investimentos até agora estiveram limitados à Europa Ocidental (Beutnagel e Verpraet, 2021; Heimes e Bockey, 2025), embora a falência da Northvolt, na Suécia, em março de 2025, tenha reduzido essas expectativas (Northvolt, 2025). É provável que, além de Hungria, Polônia e Eslováquia, outros países do leste europeu sejam destinos de IDE na produção de baterias. Hungria e Polônia têm sido mais agressivas do que outros países do leste europeu na atração da indústria de baterias (Tabelas 5, 6 e 7), talvez por sua maior dependência da produção de ICE (Figura 4a) e, portanto, maior vulnerabili-

dade, em comparação com o restante da EO, à potencial perda de empregos decorrente da diminuição da produção de ICE.

A Tchéquia, que possui a maior produção de automóveis na Europa Oriental (Figura 2a), até o momento não conseguiu atrair nenhuma *gigafactory* de baterias. O governo tcheco buscava atrair uma das seis *gigafactories* planejadas da VW, apoiada pela Škoda Auto, oferecendo incentivos ao investimento, incluindo incentivos fiscais, construção de infraestrutura de transporte e requalificação de milhares de trabalhadores (Charvát, 2022; Liebreich, 2021). As vantagens de localização da Tchéquia na Europa Oriental, como baixos custos de mão de obra, os maiores depósitos de lítio da Europa e a proximidade de outras fábricas da VW, foram prejudicadas pelo limitado apoio estatal à transição para a eletromobilidade, a fraca promoção de tecnologias futuras e a elevação dos custos de energia desde 2022 (Hampel, 2021; Škoda Auto, 2021a). Em novembro de 2023, a VW anunciou o adiamento indefinido de sua planejada *gigafactory* no leste europeu devido a uma demanda menor do que a esperada por seus veículos elétricos na Europa (Hovet, 2023). Em 2024, as negociações do governo tcheco com uma empresa sul-coreana não revelada, para construir uma *gigafactory* de baterias perto da cidade de Ostrava, foram interrompidas após o projeto ter sido rejeitado em um referendo local e o investidor sul-coreano recusar-se a considerar como alternativa um *brownfield*[11] oferecido pelo governo (Dolejší, 2024).

A EO também atraiu IDE para a instalação de fábricas que agrupam células de bateria individuais em módulos e pacotes, bem como fornecedoras de materiais para produção de baterias e empresas de reciclagem. Uma grande parcela desses investimentos foi para a Polônia (Tabela 7), cujo governo destinou €3,1 bilhões para incentivos de investimento à indústria de baterias em 2019 (Strzałkowski, 2021).

Considerações finais

Este capítulo considerou as implicações da posição periférica integrada da indústria automotiva da Europa Oriental (EO) nas CGV/RGP e na divisão internacional do trabalho na Europa sobre o rumo da transição para produ-

11. N.R.T.: Territórios com tradição industrial associada à presença de estruturas produtivas de setores como o automotivas e já experimentando um processo de estagnação econômica nem sempre acompanhada de projetos de revitalização. Áreas com tradição industrial que passaram por processo de estagnação ou declínio econômico, frequentemente não acompanhados por projetos efetivos de revitalização ou requalificação.

ção de EV. Argumentou-se que essa condição de dependência influenciará fortemente o curso dessa transição. Embora persistam muitas questões e incertezas sobre essa mudança — intensificadas pela instabilidade geopolítica e econômica decorrente da guerra na Ucrânia — algumas inferências podem ser feitas quanto à natureza específica dessa transição na região.

Primeiro, a forte dependência da indústria automotiva da EO em relação à propriedade e ao controle estrangeiros indica que a transição será impulsionada por decisões de corporações transnacionais automotivas estrangeiras. As empresas locais não serão capazes de influenciar o curso da mudança nem de desempenhar papel relevante.

Segundo, embora a regulamentação sobre emissões de CO_2 imposta à indústria automotiva no âmbito da UE tenha sido determinante para desencadear a transição para produção de EV, o papel dos estados e suas políticas na EO será muito limitado. Estará focado, principalmente, em atrair novos IDE de grandes investidores estrangeiros, pela oferta de vários incentivos ao investimento, participando, assim, do "*race to the bottom*" ao competir com outros Estados da periferia integrada por esses investimentos e buscar políticas destinadas a atender as necessidades dos grandes investidores na produção de EV.

Terceiro, a transição para a produção de EV será mais lenta na EO do que na Europa Ocidental, em razão da continuada produção de veículos a combustão interna, da introdução mais lenta de fábricas totalmente dedicadas ao EV e à maior dependência da produção mista de EV e ICE do que na Europa Ocidental. Embora essa transição mais lenta provavelmente aumente o emprego na indústria automotiva da EO no curto e médio prazos na década de 2020, ela pode enfraquecer a posição da região na divisão internacional do trabalho da indústria automotiva europeia no longo prazo, por apoiar-se em tecnologias de ICE cada vez mais obsoletas e menos lucrativas, ficando defasada em relação à Europa Ocidental, que alcançará mais rapidamente a produção em larga escala de EV em fábricas dedicadas exclusivamente a essa tecnologia.

Quarto, o impacto da transição para EV será desigual dentro da indústria automotiva. Em termos de empregos, o maior risco de perdas recai sobre o setor de peças e componentes do que na montagem de veículos. A criação de novos empregos na indústria de baterias dependerá da capacidade dos governos dos países do Leste Europeu de atrair fabricantes estrangeiros de baterias. Até o momento, apenas Hungria, Polônia e, em menor grau, Eslováquia têm logrado atrair investimentos significativos nesse setor estratégico.

Quinto, a transformação será geograficamente desigual nos países da Europa Oriental. O curso da transição e seus desfechos para cada país da EO dependerão de sua capacidade de atrair IDE para produção de EV, de baterias e de componentes para baterias, o que ajudará a compensar potenciais perdas relacionadas à eliminação gradual da produção de componentes para motores a combustão interna.

O capítulo identificou vários riscos para a competitividade futura da indústria automotiva na periferia integrada da EO com base nas estratégias atualmente adotadas de transição para EV. Em primeiro lugar, a dependência da produção mista de veículos ICE e EV, da produção de veículos ICE por um período mais longo do que na Europa Ocidental e o potencial fracasso de alguns países da EO em atrair a indústria de baterias, especialmente *gigafactories*, podem minar sua posição competitiva de longo prazo na indústria automotiva europeia. Para neutralizar esses riscos, a periferia integrada continuará a depender de sua duradoura vantagem competitiva baseada em baixos custos de produção, especialmente de mão de obra, para continuar a atrair IDE na indústria automotiva, o que é arriscado, por não haver mais excedente de mão de obra em muitos países. Como a transição para a produção de EV dependerá, principalmente, de capital estrangeiro, seguirá sendo um crescimento dependente (Pavlínek, 2017a), o que dificilmente melhorará a posição altamente dependente dos países da EO nas CGV/RGP automotivas e na divisão internacional do trabalho na indústria automotiva europeia.

A validade dessas conclusões é apoiada, na maior parte, por pesquisas recentes (por exemplo, CLEPA, 2021; Delanote *et al*., 2022; Slačík, 2022; Szalavetz, 2022). No entanto, pode ser bastante prejudicada pelos efeitos do aumento da instabilidade geopolítica e da crise energética na Europa. A EO é mais vulnerável do que a Europa Ocidental devido à sua localização geográfica próxima à Ucrânia e à Rússia, à alta dependência dos recursos energéticos russos e à inexistência de litoral em muitos países da região, o que torna o acesso a fontes alternativas de petróleo e gás liquefeito mais difícil e caro. Isso pode afetar negativamente as futuras decisões de investimento de corporações transnacionais estrangeiras na indústria automotiva da EO. Portanto, dada a análise apresentada neste capítulo e os riscos significativos identificados acima, o melhor resultado da transição para a produção de EV que a indústria automotiva da EO pode esperar é manter sua posição periférica integrada na divisão de trabalho da indústria automotiva europeia e nas CGV/RGP, desenvolvida desde o início da década de 1990.

Referências

ACEA (2021a). *Interactive map* – Automobile assembly and production plants in Europe. Disponível em: https://www.acea.auto/figure/interactive-map-automobile-assembly-and-production-plants-in-europe/. Acesso em: 12 mar. 2022.

ACEA (2021b). *Making the Transition to Zero-Emission Mobility*: 2021 Progress Report. Brussels: European Automobile Manufacturers Association. July 12, 2021.

ACEA (2022a). *The automotive industry pocket guide 2021/2022.* Brussels: European Automobile Manufacturers Association, 12 jul. 2021.

ACEA (2022b). *Electric vehicles:* Tax benefits & purchase incentives in the 27 member states of the European Union (2022). Brussels: European Automobile Manufacturers Association.

ACEA (2023). *Tax benefits and purchase incentives, electric passenger cars, 27 EU member states (2023).* Brussels: European Automobile Manufacturers Association.

ACEA (2024a). *The automotive industry pocket guide 2024/2025.* Brussels: European Automobile Manufacturers Association. 5 set. 2024.

ACEA (2024b). *Interactive map* – Correlation between electric car sales and charging point availability (2023 data). Disponível em: https://www.acea.auto/figure/interactive-map-correlation-between-electric-car-sales-and--charging-point-availability-2023-data/. Acesso em: 19 jul. 2025.

ADĂSCĂLIȚEI, Dragos; GUGA, Ștefan (2020). Tensions in the periphery: Dependence and the trajectory of a low-cost productive model in the Central and Eastern European automotive industry. *European Urban and Regional Studies*, v. 27, n. 1, p. 18-34.

AMS (2021). Lithium-ion battery gigafactory database. *Automotive manufacturing solutions*, 3 jun. 2021.

ANE (2017). *ANE guide provides details on nearly 100 engine and transmission factories*. Disponível em: https://europe.autonews.com/ane-guide--provides-details-nearly-100-engine-and-transmission-factories. Acesso em: 12 mar. 2022.

ANE (2022a). Dacia to stick with combustion engines beyond 2030. *Automotive News Europe*, 16 set. 2022.

ANE (2022b). VW may shift output from Germany over gas shortage. *Automotive News Europe*, 23 set. 2022.

AUDI HUNGARIA (2025). Audi Hungaria in 2024: stable production figures; sales revenue remains at very high level. Győr: Audi.

BAUER, Wolfgang; RIEDEL, Oliver; HERRMANN, Florian (2020). *Employment 2030:* effects of electric mobility and digitalisation on the quality and quantity of employment at Volkswagen. Stuttgart: Fraunhofer Institute for Industrial Engineering IAO.

BEUTNAGEL, Werner (2024). Audi's electric hopes rest on Györ. *Automotive manufacturing solutions*, 17 set. 2024.

BEUTNAGEL, Werner; VERPRAET, Illya (2021). German carmakers race to secure European battery cell production. *Automotive manufacturing solutions*, February 15, 2021.

BIRESSELIOGLU, Mehmet Efe; DEMIRBAG KAPLAN, Melike; YILMAZ, Barbara (2018) Electric mobility in Europe: A comprehensive review of motivators and barriers in decision making processes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 109, p. 1-13.

BMW (2018). BMW Group to expand production network in Europe. BMW.

BMW (2020). BMW Group paves the way for production network of the future. BMW.

BOLDUC, Douglas (2017). Morocco aims to add 2 more car plants. *Automotive News Europe*, ago. 14, 2017.

BOYER, Robert; FREYSSENET, Michel (2002). *The Productive Models:* The Conditions of Profitability. Houndmills, Basingstoke and New York: Palgrave Macmillan.

BRITTON, John N. H. (1980). Industrial Dependence and Technological Underdevelopment: Canadian Consequences of Foreign Direct Investment. *Regional Studies*, v. 14, n. 3, p. 181-199.

BRITTON, John N. H. (1981). Industrial Impacts of Foreign Enterprise – A Canadian Technological Perspective. *Professional Geographer*, v. 33, n. 1, p. 36-47.

CHARVÁT, Ondřej (2022). Devět pen na areál pro Gigafactory. Vláda chystá finanční injekci, která má přilákat VW. *Hospodářské noviny*, 27 jul. 2022.

CLEPA (2021). Electric Vehicle Transition Impact Assessment Report 2020 – 2040: a quantitative forecast of employment trends at automotive suppliers in Europe. Etterbeek, Belgium: European Association of Automotive Suppliers.

CLEPA (2022). *The role of batteries in the transition*. Disponível em: https://clepa.eu/who-and-what-we-represent/suppliers-eu-employment-footprint/batteries. Acesso em: 2 out. 2022.

COE, Neil M. (2021). Advanced Introduction to Global Production Networks. Cheltenham: Edward Elgar.

COE, Neil M.; YEUNG, Henry Wai-chung (2015). Global Production Networks: Theorizing Economic Development in an Interconnected World. Oxford: Oxford University Press.

DARTEYRE, Philippe; GUGA, Ștefan (2022). The future of the European automobile industry: Poland and Romania. *In:* GALGÓCZI, Bela (Org.). *The future of the automotive sector.* Brussels: ETUI.

DAVIES, Huw *et al.* The Impact of Electric Automobility. *In:* NIEUWENHUIS, Paul; WELLS, Peter (Orgs.). *The Global Automotive Industry*. Chichester: John Wiley & Sons, p. 185-198.

DELANOTE, Julie *et al*. (2022) *Recharging the Batteries:* How the Electric Vehicle Revolution Is Affecting Central, Eastern and South-Eastern Europe. Luxembourg: European Investment Bank. March.

DELOITTE (2021). Rozvoj výroby baterií v Česku. Prague, Czechia: Deloitte.

DIJK, Marc; WELLS, Peter; KEMP, René (2016). Will the momentum of the electric car last? Testing an hypothesis on disruptive innovation. *Technological Forecasting and Social Change,* n. 105, p. 77-88.

DISCHINGER, Matthias; KNOLL, Bodo; RIEDEL, Nadine (2014a). The role of headquarters in multinational profit shifting strategies. *International Tax and Public Finance* v. 21, n. 2, p. 248-271.

DISCHINGER, Matthias; KNOLL, Bodo; RIEDEL, Nadine (2014b). There's No Place Like Home: The Profitability Gap between Headquarters and their Foreign Subsidiaries. *Journal of Economics & Management Strategy,* v. 22, n. 2, p. 369-395.

DOLEJŠÍ, Václav (2024). Buď zelená louka v Lutyni, nebo jdeme jinam, pohrozil investor gigafactory (Either a green field in Lutyne or we go elsewhere, threatened the investor of the gigafactory]. *SeznamZprávy*.

DOMAŃSKI, Bosleslaw; GWOSDZ, Krysztof (2009). Toward a More Embedded Production System? Automotive Supply Networks and Localized Capabilities in Poland. *Growth and Change,* v. 40, n. 3, p. 452-482.

ĐORĐEVIĆ, Nikola (2021). When will Poland's much-heralded electric car hit the streets? *Emerging Europe*, Set. 2021.

DRAHOKOUPIL, Jan (2008). The investment-promotion machines: The politics of foreign direct investment promotion in central and eastern Europe. *Europe-Asia Studies* 60(2): 197-225.

DRAHOKOUPIL, Jan (2009). Globalization and the State in Central and Eastern Europe: The politics of foreign direct investment. London and New York: Routledge.

DRAHOKOUPIL, Jan (Org.) (2020). The challenge of digital transformation in the automotive industry: jobs, upgrading and the prospects for development. Brussels: ETUI.

DRAHOKOUPIL, Jan; MYANT, Martin (2017). Dependent capitalism and employment relations in East Central Europe. In: DELTEIL, Violaine; KIROV, Vassil (Org.) *Labour and Social Transformation in Central and Eastern Europe: Europeanization and Beyond*. London: Routledge, p. 42-59.

DUNN, Jessica (2022). Northvolt selects northern Germany for its third European gigafactory. *Automotive manufacturing solutions*.

EC (2019). The European Green Deal. Brussels: European Commission.

EUROPEAN COUNCIL (2023a). *Fit for 55*. Disponível em: https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/. Acesso em: 25 nov. 2025.

EUROPEAN COUNCIL (2023b). "Fit for 55": Council adopts key pieces of legislation delivering on 2030 climate targets. 25 abr., 2023.

EUROSTAT (2016). Annual detailed enterprise statistics on manufacturing, subsections DF-DN and total (NACE Rev. 1.1, D) [sbs_na_2a_dfdn]. Luxembourg: Eurostat.

EUROSTAT (2020). EU direct investment positions, breakdown by country and economic activity (BPM6) [bop_fdi6_pos]. Luxembourg: Eurostat.

EUROSTAT (2021). Total unemployment rate [TPS00203]. Luxembourg: Eurostat.

EUROSTAT (2022a). Foreign control of enterprises by economic activity and a selection of controlling countries [fats_g1a_08]. Luxembourg: Eurostat.

EUROSTAT (2022b). Structural business statistics: Annual detailed enterprise statistics – industry and construction {sbs_na_ind_r2]. Luxembourg: Eurostat.

EUROSTAT (2025A). BERD by NACE Rev. 2 activity and type of expenditure [rd_e_berdcostr2]. Luxembourg: Eurostat.

EUROSTAT (2025b). EU direct investment positions by country, ultimate and immediate counterpart and economic activity (BPM6) [bop_fdi6_pos]. Luxembourg: Eurostat.

EUROSTAT (2025c). Structural business statistics: Enterprises by detailed NACE Rev. 2 activity and special aggregates [sbs_ovw_act]. Luxembourg: Eurostat.

FRIEDMANN, John (1967). A general theory of polarized development. Santiago, Chile: *The Ford Foundation*, Urban and regional advisory program in Chile.

GEREFFI, Gary (2018). *Global Value Chains and Development:* Redefining the Contours of 21st Century Capitalism. Cambridge: Cambridge University Press.

GIBBS, Nick (2019a). Budget constraints. *Automotive News Europe*. Mar., p. 15-18.

GIBBS, Nick (2019b). Vision of the future. *Automotive manufacturing solutions*.

GRZEGORCZYK, Marek (2021). CEE risks being "left behind" in e-mobility race. *Emerging Europe*.

GUGA, Ștefan (2019). Automotive industry, which way? Global trends, peripheral perspectives. *In:* DRAHOKOUPIL, Jan *et al.* (Orgs.). *The future of employment in the car sector:* Four country perspectives from Central and Eastern Europe. Prague: Friedrich Ebert Stiftung. Prague: Friedrich Ebert Stiftung, p. 60-97.

GUZIK, Robert; DOMAŃSKI, Boleslaw; GWOSDZ, Krzysztof (2020). Automotive industry dynamics in Central Europe. *In:* COVARRUBIAS, Alex; RAMÍREZ PEREZ, Sigfrido (Orgs.). *New Frontiers of the Automobile Industry:* Exploring Geographies, Technology, and Institutional Challenges. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan, p. 377-397.

HAMPEL, Carrie (2021). Czech Republic to grow charging stations with Skoda. *electrive.com, 13* out.

HAMPEL, Carrie (2022a). Ford moves forward plans to convert German plant. *electrive.com*, 10 out.

HAMPEL, Carrie (2022b). Geely licenses electric platform to Polish carmaker EMP. *electrive.com*, 11 nov.

HAMPEL C (2022c). Volvo will build electric cars at a new plant in Slovakia. *electrive.com*, July 2, 2022.

HARRISON, Daniel (2021). Electric Vehicle Battery Supply Chain Analysis: How Battery Demand and Production Are Reshaping the Automotive Industry. Automotive from Ultima Media. June 2021.

HARVEY, David (2005). Spaces of Neoliberalization: Towards a Theory of Uneven Geographical Development. Munich: Franz Steiner Verlag.

HAVAS, Attila (2000). Changing Patterns of Inter- and Intra-Regional Division of Labour: Central Europe's Long and Winding Road. *In:* HUMPHREY, John; LECLER, Yveline; SALERNO, Mario Sergio (Orgs.). *Global Strategies and Local Realities;* The Auto Industry in Emerging Markets. Basingstoke: Palgrave Macmillan, p. 234-262.

HAYTER, Roger (1982). *Truncation, the International Firm and Regional Policy*. *Area* v. 14, n. 4, p. 277-282.

HEIMES, Heiner; BOCKEY, Gerrit (2025). *Battery Atlas:* Battery Cell production. Aachen University.

HENRY, Ian (2020). AMS on Africa: Part 4 – Morocco aims for a million. *Automotive manufacturing solutions*, 11 fev.

HIPA (2020). Automotive Industry Hungary 2019: Automotive CEO Survey. Budapest: Hungarian Investment Promotion Agency.

HN (2019). ČEZ se dohodl s Australany na spolupráci při těžbě lithia, v těžařské firmě Geomet získá za 870 milionů většinu. *Hospodářské noviny*, 20 nov.

HN (2021). Česká gigafactory: Ročně by mohla vyrobit baterie až pro 800 tisíc aut. *Hospodářské noviny*, 7 jul.

HN (2023). Konečně se tu dá dýchat a mají se vrátit těžaři? Sever pochybuje o těžbě lithia, která má nastartovat Česko. *Hospodářské noviny*, 9 set.

HORNER, Rory (2017). Beyond facilitator? State roles in global value chains and global production networks. *Geography Compass, v.* 11, n. 2, p. e12307.

HOVET, Jason (2023). Volkswagen puts off east European gigafactory amid sluggish EV demand. *REUTERS*, 1 nov., 2023.

HUMPHREY, John; SCHMITZ, Hubert (2002). How does insertion in global value chains affect upgrading in industrial clusters? *Regional Studies* v. 36, n. 9, p. 1017-1027.

HUNGARIAN INSIDER (2021). Stellantis to produce new engine in Szentgotthárd. *Hungarian Insider*, 1 Mar.

HYMER, Stephen (1972) The multinational corporation and the law of uneven development. *In:* Bhagwati JN (Org.). *Economics and world order*. London: Macmillan, p. 113-140.

ISAKSEN, Arne; TRIPPL, Michaela (2017). Innovation in space: the mosaic of regional innovation patterns. *Oxford Review of Economic Policy,* v. 33, n. 1, p. 122-140.

JAKUBIAK, Malgorzata *et al.* (2008). The Automotive Industry in the Slovak Republic: Recent Developments and Impact on Growth. *Working Paper n. 29, Commission on Growth and Development.* Washington, D.C.: The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.

JETIN, Bruno (2020). Who will control the electric vehicle market? *International Journal of Automotive Technology and Management*, v. 20, n. 2, p. 156-177.

JÜRGENS, Ulrich; KRZYWDZINSKI, Martin (2009a). Changing East–West Division of Labour in the European Automotive Industry. *European Urban and Regional Studies,* v.16, n. 1, p. 27-42.

JÜRGENS, Ulrich; KRZYWDZINSKI, Martin (2009b). Work models in the Central Eastern European car industry: towards the high road? *Industrial Relations Journal* v. 40, n. 6, p. 471-490.

KANO, Liena; TSANG, Eric WK; YEUNG, Henry WC (2020). Global value chains: A review of the multi-disciplinary literature. *Journal of International Business Studies.* v. 51, n. 4, p. 577-622.

KUREKOVÁ, Mýtna L (2012). Success against All Odds? Determinants of Sectoral Rise and Decline in Central Europe. *East European Politics and Societies* v. 26, n. 3, p. 643-664.

KUREKOVÁ, Mýtna L (2018). The automotive industry in Central Europe: A success? *IZA World of Labor*.

KURZ, Constance; WITTKE, Volker (1998). Using industrial capacities as a way of integrating the Central and East European economies. In: Zysman J; Schwartz A (Orgs.). *Enlarging Europe:* The Industrial Foundations of a New Political Reality. 99. ed. Berkeley: University of California at Berkeley, p. 63-95.

LAYAN, Jean-Bernard (2006). L'innovation péricentrale dans l'industrie automobile: une gestion territoriale du risque de résistance au changement. *Flux*, v. 1, n. 63-64, p. 42-53.

LIEBREICH, Jiří (2021). Česko chce vyrábět baterie do elektromobilů. Mocně na to láká Volkswagen. *E15*, 31 mar.

MACKINNON, Danny *et al.* (2019). Rethinking Path Creation: A Geographical Political Economy Approach. *Economic Geography,* v. 95, n. 2, p. 113-135.

MANTHEY, Nora (2021a). China's cheapest electric car coming to Europe. *electrive.com*, 15 fev.

MANTHEY, Nora (2021B). Nidec is gearing up its electric motor business in Europe. *electrive.com*, 9 abr.

MARKIEWICZ, Olga (2019). Stuck in second gear? EU integration and the evolution of Poland's automotive industry. *Review of International Political Economy*.

MARTIN, Ron; SUNLEY, Peter (2006). Path dependence and regional economic evolution. *Journal of Economic Geography,* v. 6, n. 4, p. 395-437.

MARTIŠKOVÁ, Monika; KAHANCOVÁ, Marta; KOSTOLNÝ, Jakub (2021). Negotiating wage (in)equality: changing union strategies in high--wage and low-wage sectors in Czechia and Slovakia. *Transfer: European Review of Labour and Research, v.* 27, n. 1, p. 75-96.

MCKINSEY&COMPANY (2021). Why the automotive future is electric: Mainstream EVs will transform the automotive industry and help decarbonize the planet. *McKinsey Center for Future Mobility*. September 2021.

MICEK, Grzegorz *et al.* (2021). Newcomers from the Periphery: The International Expansion of Polish Automotive Companies. *Energies,* v. 14, n. 9, p. 2617.

NIDEC (2021). Nidec Holds Groundbreaking Ceremony to Mark the Construction of New Factory in Serbia. Kyoto, Japan: Nidec Corporation.

NORTHVOLT (2025). *Northvolt files for bankruptcy in Sweden.* Stockholm: Northvolt.

OEC (2025). *The Observatory of Economic Complexity*. Available at: https://oec.world/en/.

OICA (2025). World Motor Vehicle Production by Country and Type, 1997-2024. Paris: Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobile.

PARDI, Tommaso (2021). Prospects and contradictions of the electrification of the European automotive industry: the role of European Union policy. *International Journal of Automotive Technology and Management,* v. 21, n. 3, p. 162-179.

PAVLÍNEK, Petr (1998). Foreign Direct Investment in the Czech Republic. *The Professional Geographer, v.* 50, n. 1, p. 71-85.

PAVLÍNEK, Petr (2000). Restructuring of the Commercial Vehicle Industry in the Czech Republic. *Post-Soviet Geography and Economics*, v. 41, n. 4, p. 265-287.

PAVLÍNEK, Petr (2002a). Domestic privatisation and its effects on industrial enterprises in East-Central Europe: evidence from the Czech motor component industry. *Europe-Asia Studies,* v. 54, n. 7, p. 1127-1150.

PAVLÍNEK, Petr (2002b). Restructuring the Central and Eastern European Automobile Industry: Legacies, Trends, and Effects of Foreign Direct Investment. *Post-Soviet Geography and Economics* v. 43, n. 1, p. 41-77.

PAVLÍNEK, Petr (2002c). The role of foreign direct investment in the privatisation and restructuring of the Czech motor industry. *Post-Communist Economies*, v. 14, n. 3, p. 359-379.

PAVLÍNEK, Petr (2002d). Transformation of the Central and East European passenger car industry: selective peripheral integration through foreign direct investment. *Environment and Planning* A, v. 34, n. 9, p. 1685-1709.

PAVLÍNEK, Petr (2003). Transformation of the Czech automotive components industry through foreign direct investment. *Eurasian Geography and Economics*, v. 44, n. 3, p. 184-209.

PAVLÍNEK, Petr (2004). Regional development implications of foreign direct investment in Central Europe. *European Urban and Regional Studies,* v. 11, n. 1, p. 47-70.

PAVLÍNEK, Petr (2006). Restructuring of the Polish passenger car industry through foreign direct investment. *Eurasian Geography and Economics*, v. 47, n. 3, p. 353-377.

PAVLÍNEK, Petr (2008). A Successful Transformation? Restructuring of the Czech Automobile Industry. Heidelberg and New York: Physica Verlag.

PAVLÍNEK, Petr (2012). The Internationalization of Corporate R&D and the Automotive Industry R&D of East-Central Europe. *Economic Geography*, v. 88, n. 3, p. 279-310.

PAVLÍNEK, Petr (2015a). The impact of the 2008–2009 crisis on the automotive industry: global trends and firm-level effects in Central Europe. *European Urban and Regional Studies*, v. 22, n. 1, p. 20-40.

PAVLÍNEK, Petr (2015b). Škoda Auto: The transformation from a domestic to a Tier Two lead firm. *In:* BRYSON JR.; CLARK, J.; VANCHAN, V. (Orgs.). *Handbook of Manufacturing Industries in the World Economy*. Cheltenham: Edward Elgar, p. 345-361.

PAVLÍNEK, Petr (2016). Whose success? The state-foreign capital nexus and the development of the automotive industry in Slovakia. *European Urban and Regional Studies*, v. 23, n. 4, p. 571-593.

PAVLÍNEK, Petr (2017a). Dependent Growth: Foreign Investment and the Development of the Automotive Industry in East-Central Europe. New York: Springer.

PAVLÍNEK, Petr (2017b). Truncated development in Eastern Europe. *In:* PAVLÍNEK, P.; ALÁEZ-ALLER, R.; GIL-CANALETA, C. *et al.* (Orgs.). *Foreign Direct Investment and the development of the automotive industry in Eastern and Southern Europe*. Brussels: European Trade Union Institute Working Paper, 2017.3, p. 5-35.

PAVLÍNEK, Petr (2018). Global Production Networks, Foreign Direct Investment, and Supplier Linkages in the Integrated Peripheries of the Automotive Industry. *Economic Geography*, v. 94, n. 2, p. 141-165.

PAVLÍNEK, Petr (2020). Restructuring and internationalization of the European automotive industry. *Journal of Economic Geography,* v. 20, n. 2, p. 509-541.

PAVLÍNEK, Petr (2022a). Relative positions of countries in the core-periphery structure of the European automotive industry. *European Urban and Regional Studies,* v. 29, n. 1, p. 59-84.

PAVLÍNEK, Petr (2022b). Revisiting economic geography and foreign direct investment in less developed regions. *Geography Compass*, v. 16, n. 4, e12617.

PAVLÍNEK, Petr (2023). Transition of the automotive industry towards electric vehicle production in the east European integrated periphery. *Empirica,* v. 50, n. 1, p. 35-73.

PAVLÍNEK, Petr; DOMAŃSKI, B. and GUZIK, R. (2009). Industrial Upgrading Through Foreign Direct Investment in Central European Automotive Manufacturing. *European Urban and Regional Studies*, v. 16, n. 1, p. 43-63.

PAVLÍNEK, Petr; JANÁK, Lubos (2007). Regional restructuring of the Škoda Auto supplier network in the Czech Republic. *European Urban and Regional Studies*, v. 14, n. 2, p. 133-155.

PAVLÍNEK, Petr; SMITH, Adrian (1998). Internationalization and Embeddedness in East-Central European Transition: The Contrasting Geographies of Inward Investment in the Czech and Slovak Republics. *Regional Studies*, v. 32, n. 7, p. 619-638.

PAVLÍNEK, Petr; ŽENKA, Jan (2011). Upgrading in the automotive industry: firm-level evidence from Central Europe. *Journal of Economic Geography*, v. 11, n. 3, p. 559-586.

PAVLÍNEK, Petr; ŽENKA, Jan (2016). Value creation and value capture in the automotive industry: Empirical evidence from Czechia. *Environment and Planning A*, v. 48, n. 5, p. 937-959.

PAVLÍNEK, Petr; ŽÍŽALOVÁ, Pavla (2016). Linkages and spillovers in global production networks: firm-level analysis of the Czech automotive industry. *Journal of Economic Geography,* v. 16, n. 2, p. 331-363.

PHELPS, Nicholas A. (2000). The locally embedded multinational and institutional capture. *Area,* v. 32, n. 2, p. 169-178.

PHELPS, Nicholas A. (2008). Cluster or capture? Manufacturing foreign direct investment, external economies and agglomeration. *Regional Studies,* v. 42, n. 4, p. 457-473.

POLAND DAILY 24 (2024). The End of Izera: Polish Electric Car Project Terminated. *Poland Daily 24*, 18 dez.

PWC (2019). *Automotive Supplier Survey* 2019. Bratislava: PwC.

RANDALL, Chris (2021). Renault wants to prolong the fossil fuel era. *electrive.com*, 9 set.

RANDALL, Chris (2022). Serbia blocks lithium mining project. *electrive.com*, 24 jan.

RANDALL, Chris (2023a). ElectroMobility Poland postpones production of first model til 2025. *electrive.com*, J20 jan.

RANDALL, Chris (2023b). ElectroMobility Poland to utilize Pininfarina design. *electrive.com*, 22 mar.

RANDALL, Chris (2024a). Audi prepares Györ for small electric car drives. *electrive.com*, 12 fev.

RANDALL, Chris (2024b). Gotion approves billion-euro investment for cell plants in Slovakia and Morocco. *electrive.com*, 13 dez.

RZENTARZEWSKA, Kataryna; CERY, Jakub (2023). CEE attracting EV battery sector. *CEE MACRO AND FI DAILY*, 28 ago.

SASS, Magdolna; SZALAVETZ, Andrea (2013). Crisis and Upgrading: The Case of the Hungarian Automotive and Electronics Sectors. *Europe-Asia Studies, v.* 65, n. 3, p. 489-507.

SCHADE, Wolfgang; HAUG, Ines; BERTHOLD, Daniel (2022). The future of the automotive sector: Emerging battery value chains in Europe. *In:* GALGÓCZI, Béla (Org.). *The future of the automotive sector.* Brussels: ETUI.

SCHWABE, Julian (2020A). From "obligated embeddedness" to "obligated Chineseness"? Bargaining processes and evolution of international automotive firms in China's New Energy Vehicle sector. *Growth and Change,* v. 51, n. 3, p. 1102-1123.

SCHWABE, Julian (2020b). Risk and counter-strategies: The impact of electric mobility on German automotive suppliers. *Geoforum* v. 110, p. 157-167.

SIGAL, Peter (2021). EV-only future looks closer than ever in Europe. *Automotive News Europe*, 5 jan.

SIGAL, Peter (2022a). Europe's combustion-engine factories at a crossroads. *Automotive News Europe*, 4 out.

SIGAL, Peter (2022b). How Tesla is shaking up the European market, from the top down. *Automotive News Europe*, 4 jan.

ŠKODA AUTO (2021a). Herbert Diess receives updates on the future of electromobility in the Czech Republic. 11 out.

ŠKODA AUTO (2021b). ŠKODA AUTO takes on worldwide responsibility for Volkswagen Group's MQB-A0 Global Platform. 14 out.

ŠKODA AUTO (2021c). Škoda Auto: Annual Report 2020. Mladá Boleslav.

SLAČÍK, Tomas (2022). The e-motion of car manufacturing in CESEE: the road ahead. *Focus on European Economic Integration*. Epub ahead of print, p. 31-46.

SLOWIK, Peter; LUTSEY, Nic (2018). The continued transition to electric vehicles in US cities. *White paper.* The International Council of Clean Transportation (ICCT).

STATISTICS SWEDEN (2023). *Research and development in Sweden.* Stockholm: Statistics Sweden.

STÖLLINGER, Roman (2021). Testing the Smile Curve: Functional Specialisation and Value Creation in GVCs. *Structural Change and Economic Dynamics* v. 56, p. 93-116.

STRZAŁKOWSKI, M. (2021). Will Europe run on Polish lithium-ion batteries? *Visegrad.info*, January 29, 2021.

STURGEON, Timothy; VAN BIESEBROECK, Johannes; GEREFFI, Gary (2008) Value chains, networks and clusters: reframing the global automotive industry. *Journal of Economic Geography* v. 8, n. 3, p. 297-321.

SZABO, John *et al.* (2022). The future of the European automobile industry: Hungary. *In:* GALGÓCZI, Béla (Org.). *The future of the automotive sector.* Brussels: ETUI.

SZABO, Septimiu (2020). *Transition to Industry 4.0 in the Visegrád Countries.* Luxembourg: Directorate General Economic and Financial Affairs (DG ECFIN), European Commission.

SZALAVETZ, Andrea (2019). Industry 4.0 and capability development in manufacturing subsidiaries. *Technological Forecasting and Social Change.* v. 145, p. 384-395.

SZALAVETZ, Andrea (2022). Transition to electric vehicles in Hungary: A devastating crisis or business as usual? *Technological Forecasting and Social Change,* v. 184, p. 122029.

TODOROVIĆ, Igor (2025). European Commission declares Jadar project in Serbia one of its strategic projects for critical raw materials. *Balkan Green Energy News*, jun.

TÖDTLING, Franz; TRIPPL, Michaela (2005). One size fits all?: Towards a differentiated regional innovation policy approach. *Research Policy,* v. 34, n. 8, p. 1203-1219.

TRANSPORT & ENVIRONMENT (2020). *Recharge EU: How Many Charge Points Will Europe and Its Member States Need in the 2020s.* Brussels, Belgium: European Federation for Transport and Environment

VAN TULDER, Rob; RUIGROK, Winfried (1998). International production networks in the auto industry: Central and Eastern Europe as the low end of the West European car complexes. Berkley: Research Series – Institute of International Studies University of California Berkeley.

VERNON, Raymond (1966). International investment and international trade in the product cycle. *Quarterly Journal of Economics,* v. 80, n. 2, p. 190-207.

VESIĆ, Darko; VUKŠA, Tanja (2021). Serbia: The automotive industry and the ecological transition. *In:* KROPP, Manuela (Org.). The Need for Transformation – Current Challenges for the International Automotive Sector: Voices from Unions, Workers, Climate Movement, Industry. Brussels: Rosa-Luxemburg-Stiftung, p. 208-256.

VW (2021). 2020 Annual Report: Na cestě k udržateľnosti (On the road to sustainability). Bratislava: Volkswagen Slovakia.

WESTERHEIDE, Carla (2024a). BYD plans to open its Hungarian EV factory within three years. *electrive.com*, 6 fev.

WESTERHEIDE, Carla (2024b). Serbia gives green light for lithium project in the Jadar Valley. *electrive.com*, 20 jul.

WILLIAMS, Marcus (2021). VW to have 240 GWh of battery plants in Europe by 2030. *Automotive manufacturing solutions*, 17 mar.

WTEX (2025) World's Top Exports: Car Exports by Country.

YEUNG, Godfrey (2019). "Made in China 2025": the development of a new energy vehicle industry in China. *Area Development and Policy,* v. 4, n. 1, p. 39-59.

COMPETÊNCIA INDUSTRIAL DE CLUSTERS LOCAIS: raízes da vantagem competitiva da indústria chinesa de baterias para veículos elétricos [1]

Wei Zhao
Boy Luethje

Introdução

A indústria automotiva está passando por profundas transformações estruturais, impulsionadas pela digitalização de produtos e serviços, pela eletrificação dos sistemas de transmissão e pela consequente reconfiguração de toda a cadeia de valor (Alochet, MacDuffie e Midler, 2023). Um dos efeitos mais marcantes da eletrificação é a significativa redução da complexidade mecânica dos veículos: enquanto um sistema de transmissão com motor a combustão interna possui cerca de 1.400 componentes, um veículo elétrico a bateria necessita de apenas 200. Essa simplificação não apenas diminui custos e facilita a manutenção, mas também coloca as baterias e seus componentes associados no centro da inovação automotiva. Como resultado, os fabricantes de baterias assumem um papel estratégico fundamental na reestruturação do setor, tornando-se protagonistas na nova dinâmica da indústria de veículos elétricos.

O sistema de transmissão elétrico representa aproximadamente 30 a 45% do custo total de produção de um automóvel. Dentro desse sistema, a bateria elétrica é responsável por cerca de 75% a 80% desse valor, tornando-se o componente de maior valor agregado em veículos elétricos (Kupper *et al*., 2018). Essa centralidade da bateria na estrutura de custos e inovação tecnológica tem levado especialistas a afirmar que o domínio da indústria de

1. Este capítulo é uma tradução autorizada de: "HAO, W.; LUETHJE, B. Manufacturing Competency from Local Clusters: Roots of the Competitive Advantage of the Chinese Electric Vehicle Battery Industry, e foi originalmente publicado na *World Electric Vehicle Journal*. 2025, 16, 319. Disponível em: https://doi.org/10.3390/wevj16060319. Tradução do inglês: Regina Vargas.

baterias será determinante para o controle do mercado global de veículos elétricos (Jetin, 2020).

Atualmente, a China ocupa a posição de líder global na produção de baterias para veículos elétricos (EVs), destacando-se tanto pelo volume produzido quanto pela capacidade de inovação tecnológica (Ezell, 2024). Em 2020, o país instalou aproximadamente 63 GWh (gigawatt-hora) em baterias para EVs, o que correspondeu a 46,8% do total mundial naquele ano (63 de 134,5 GWh). No ano seguinte, a participação chinesa aumentou significativamente, respondendo por 74% da capacidade global de produção de baterias (465 de 631 GWh), o que representa um crescimento de 84% em relação a 2019 (BloombergNEF, 2021).

As projeções apontam que a China deverá manter sua liderança global na produção de baterias para veículos elétricos ao longo da próxima década. Apesar da rápida expansão do setor e dos elevados investimentos — tanto domésticos quanto internacionais — que têm provocado uma situação de sobrecapacidade produtiva, estima-se que a demanda mundial por baterias continuará crescendo a uma taxa média de 30% ao ano. Segundo a McKinsey (2021), esse aumento pode levar o consumo global a atingir cerca de 3.900 GWh em 2030, o que evidencia a necessidade de ampliar as capacidades produtivas desde 2023.

A liderança chinesa no setor de baterias para veículos elétricos se apoia em ganhos expressivos de escala produtiva e avanços tecnológicos, que proporcionaram ao país uma vantagem competitiva significativa, especialmente em termos de custo. Em 2019, o preço médio das baterias fabricadas na China foi de US$ 147 por kWh — o valor mais baixo registrado mundialmente naquele ano. Mesmo diante do aumento dos preços de matérias-primas e componentes em 2021, a China conseguiu manter sua eficiência produtiva, contribuindo para a redução do preço médio global das baterias para US$ 132 por kWh.

A vantagem competitiva da China no setor de baterias para veículos elétricos (EVs) é, em grande medida, qualitativa, mais associada à sua capacidade de organização sistêmica e inovação do que a indicadores quantitativos (Ezell, 2024). A China soube capitalizar a disrupção da indústria automotiva provocada pela digitalização e eletrificação, estabelecendo-se como pioneira na fabricação em larga escala de baterias para EVs e assim conquistando uma posição de liderança no mercado. Essa vantagem de

pioneirismo é reflexo tanto da experiência acumulada das empresas chinesas quanto nos efeitos da curva de aprendizado.

A China foi pioneira na construção de uma cadeia de valor totalmente integrada para a produção e distribuição de baterias para veículos elétricos (EVs). Esse sistema abrange todas as etapas, desde a extração e refino de matérias-primas (a montante), passando pela fabricação de células, módulos, sistemas de gerenciamento de baterias (BMS) e embalagens, até as aplicações finais (a jusante), como mobilidade elétrica, armazenamento de energia em redes, iluminação, energia solar e dispositivos móveis. Essa integração vertical permitiu o desenvolvimento de um setor altamente especializado em armazenamento de energia, consolidando a liderança chinesa no mercado global de baterias para veículos elétricos.[2]

Os fabricantes chineses de baterias desempenham atualmente um papel central como fornecedores de componentes-chave para montadoras globais. Além disso, vêm diversificando sua atuação para outras tecnologias, como as células a combustível (Luethje *et al*., 2021). O país mantém controle estratégico das etapas a montante da cadeia, especialmente na mineração e refino de materiais raros, por meio de grandes empresas estatais. Simultaneamente, avança nas atividades a jusante, como recarga e reciclagem de baterias, o que reforça sua liderança nas cadeias globais de suprimentos.

Esse desenvolvimento mostra que as cadeias globais automotivas deixaram de ser organizadas de forma hierárquica, sob o controle exclusivo dos *Original Equipment Manufacturers* (OEMs) dos países industrializados. Hoje, a estrutura é multidimensional, com centros de inovação e empresas especializadas distribuídas globalmente, cada uma controlando diferentes etapas da cadeia produtiva. A China, ao criar a primeira cadeia de suprimentos totalmente integrada para baterias de veículos elétricos e desenvolver um setor autônomo de armazenamento de energia, conquistou uma vantagem estratégica relevante. Essa liderança se manifesta na capacidade de produzir em larga escala, inovar tecnologicamente e dominar os principais insumos e processos industriais, consolidando sua posição na competição global.

2. Aplicativos para sistemas de armazenamento de energia desempenharão papéis cruciais nas próximas décadas. Exemplos de aplicativo de tecnologia incluem gerenciamento térmico de bateria de íons de lítio por meio de parâmetros avançados de resfriamento e aprimoramento do desempenho da bateria de fluxo redox de vanádio usando eletrólito nanofluido de óxido de grafeno reduzido.

A vantagem competitiva da China no setor de baterias resulta de uma combinação de fatores estruturais e estratégicos que se complementam. Destacam-se, entre eles, a atuação ativa da política industrial nacional, o amplo tamanho do mercado interno, a legislação favorável à promoção dos EVs, a abundância de recursos naturais (Jetin, 2020) e, especialmente, a adoção de uma estratégia empresarial de "integração vertical especializada" (Xieshu, Zhao e Ruet, 2022).

As principais empresas chinesas do setor, como BYD e CATL, vêm expandindo suas operações ao longo de diferentes estágios da cadeia produtiva, adotando uma integração vertical que abrange desde a fabricação de baterias até o armazenamento de energia. Essa abordagem organizacional permite que essas empresas acelerem seu crescimento, consolidem posições de liderança tecnológica e realizem investimentos estratégicos de longo prazo. A integração vertical, ao reduzir custos e aumentar o controle sobre processos críticos, fortalece a competitividade das empresas chinesas frente aos desafios do mercado global (Jetin, 2020).

Apesar da relevância do modelo de verticalização, ainda existem poucas informações empíricas sobre seus fundamentos. Isso ocorre principalmente devido à dificuldade de acesso aos dados internos das empresas chinesas (Kennedy, 2018). Diante desse cenário, as teorias de gestão estratégica tornam-se especialmente úteis para interpretar as vantagens competitivas observadas. Segundo essas teorias, a verticalização pode ser vista como uma expressão da "competência central" — ou seja, o conjunto de capacidades que proporciona uma posição diferenciada no mercado (Prahalad e Hamel, 1990; Alexander e Martin, 2013).

Com base na abordagem das competências e em dados primários coletados em empresas, este artigo analisa um estudo de caso de um *cluster* chinês de baterias para veículos elétricos. O objetivo é revelar as raízes estruturais da estratégia de verticalização e da vantagem competitiva dessas empresas, com foco na formação de competências-chave ao longo da cadeia de valor. Argumenta-se que a principal competência dos fabricantes chineses de baterias para veículos elétricos está na capacidade de produzir, em larga escala, células, módulos e pacotes de baterias de íons de lítio, especialmente com tecnologia LFP (lítio-ferro-fosfato), além de incorporar sistemas de gerenciamento de baterias (*Battery Management Systems* – BMS). Essa produção se destaca pela boa relação qualidade/preço e pela rápida expansão e escalabilidade, viabilizadas por investimentos agressivos em ativos fixos.

Embora o governo local contribua significativamente, a competência central das empresas chinesas de baterias emerge sobretudo da atuação direta das firmas em *clusters* regionais especializados.

Identificamos dois mecanismos originais que, em conjunto, explicam a formação da competência central das empresas chinesas de baterias. O primeiro mecanismo é externo às empresas e refere-se à concentração regional da produção de baterias, impulsionada pelo forte apoio político dos governos locais em toda a China. Por exemplo, uma análise detalhada da indústria de baterias para veículos elétricos em Huizhou evidencia a formação de um *cluster* regional, no qual a cadeia de suprimentos é altamente integrada e abrange desde a produção de insumos até a entrega ao consumidor final. Nesse ecossistema, um grupo seleto de pequenas e médias empresas desempenha papel estratégico como intermediário entre os fornecedores de componentes e os usuários finais.

Esses clusters criam um ecossistema "denso", altamente favorável ao desenvolvimento das capacidades tecnológicas e organizacionais das empresas locais. Nesse ambiente, as firmas se beneficiam de acesso facilitado a recursos essenciais, como força de trabalho qualificada, financiamento, infraestrutura para pesquisa e desenvolvimento pré-competitivo, além de uma rede de fornecedores e instalações especializadas. Esse conjunto de fatores, aliado ao conhecimento técnico disponível localmente, potencializa a inovação e a competitividade das empresas inseridas no cluster (Cooper e Berger, 2005).

Clusters de baterias para veículos elétricos promovem a combinação de recursos internos e competências externas das empresas, facilitando o aprendizado tecnológico e o aprimoramento das práticas de manufatura. Esse processo é potencializado pela colaboração constante entre empresas de diferentes segmentos da cadeia de valor.

O segundo mecanismo identificado é de natureza interna às empresas, envolvendo o aprendizado tecnológico prático realizado diretamente no chão de fábrica, especialmente durante a produção em massa de baterias. Destaca-se, nesse contexto, o chamado "efeito da curva de aprendizado", segundo o qual, a cada duplicação da capacidade produtiva, ocorre uma redução média de 18% nos custos de fabricação das baterias (BloombergNEF, 2021).

Por meio da produção em massa e do rápido investimento em equipamentos avançados, as empresas chinesas adotam estratégias pragmáticas de aprendizado, como aprender fazendo (experimentando diretamente no chão de fábrica), aprender usando (aperfeiçoando processos a partir do

uso dos produtos) e aprender interagindo (colaborando com fornecedores e parceiros da cadeia produtiva). Essas práticas são fundamentais para o domínio das tecnologias de baterias de íons de lítio e para o fortalecimento da competitividade industrial.

A fabricação de baterias para EVs na China caracteriza-se por um sistema produtivo altamente complexo, que integra linhas de produção automatizadas, equipamentos avançados, engenharia de processos e métodos modernos de manufatura. Esse ambiente é potencializado pelo conhecimento técnico e pelo know-how dos trabalhadores. Ao longo dos anos, os fabricantes chineses acumularam vasta experiência, o que permitiu não apenas a redução dos preços — resultado do aumento do volume produzido e das economias de escala —, mas também o aprimoramento contínuo dos projetos das células e dos processos produtivos.

O artigo está estruturado em quatro seções principais. A primeira apresenta o contexto geográfico dos clusters de baterias para veículos elétricos na China, destacando políticas nacionais e locais e introduzindo o caso de Huizhou, além de descrever a metodologia de pesquisa utilizada. A segunda seção analisa as competências centrais dos fabricantes locais, com foco no aprendizado tecnológico observado no *cluster* de Huizhou. A terceira discute as implicações dessas competências para a especialização e verticalização das empresas, bem como para a estrutura da indústria, políticas governamentais e fabricantes de automóveis. Por fim, a quarta seção sintetiza os principais achados e argumentos do estudo.

Clusters de baterias para veículos elétricos chineses como ecossistemas de produção local

Apesar de a indústria automotiva tradicional não ser considerada estratégica no programa "*Made in China* 2025", os veículos elétricos — denominados Veículos de Nova Energia (NEV) pela política chinesa — foram incluídos entre as dez indústrias emergentes prioritárias. Essa escolha reflete o reconhecimento do potencial dos NEVs para impulsionar a inovação tecnológica nacional, reduzir a dependência do petróleo importado e promover melhorias ambientais.

Além de estimular uma demanda massiva por veículos elétricos (EVs), o Estado chinês implementou políticas para garantir o suprimento adequado desses veículos, baterias e componentes essenciais. Como resultado, as ba-

terias para EV passaram a ser consideradas um setor estratégico na década de 2020 e nos anos seguintes. Entre 2016 e 2018, o governo central publicou a chamada "lista branca" de fabricantes de baterias, composta exclusivamente por empresas chinesas.

A política chinesa para veículos elétricos foi estruturada para garantir o controle nacional sobre toda a cadeia produtiva: desde o fornecimento de matérias-primas por empresas de mineração locais, passando pela fabricação de baterias em fábricas chinesas, até a produção de veículos elétricos equipados com essas baterias (Jetin, 2020). Essa abordagem visa fortalecer a autonomia tecnológica do país e reduzir a dependência de fornecedores estrangeiros. Em 2017, o governo central lançou o primeiro plano nacional para a indústria de baterias, estabelecendo como meta transformar a China em uma "superpotência de armazenamento tecnologicamente independente". Esse plano não apenas incentiva a produção nacional, mas também prevê políticas para estimular a demanda interna por soluções de armazenamento de energia em larga escala, integrando o desenvolvimento do setor energético ao avanço dos veículos elétricos (Hart, 2018).

Clusters emergentes de baterias para veículos elétricos na China: das políticas nacionais às locais

A estratégia nacional chinesa para o desenvolvimento do setor de baterias, considerada uma indústria emergente e estratégica, foi rapidamente disseminada e implementada em diferentes níveis administrativos: provincial, municipal e distrital. Segundo Howell, Lee e Heal (2015), os governos locais tendem a incentivar mais a produção do que o consumo, buscando fomentar grandes empresas locais competitivas para que se tornem fornecedoras dos OEMs. Praticamente todas as províncias incluem a indústria de veículos elétricos em suas estratégias de desenvolvimento. No entanto, devido à dificuldade de atrair projetos de OEMs, a maioria das regiões opta por impulsionar a produção e o fornecimento de baterias em áreas selecionadas.

A implementação local da estratégia nacional de desenvolvimento da indústria de EVs foi marcada pela rápida proliferação de *clusters* regionais de fabricação de baterias em diversas províncias. Essa expansão resultou em uma significativa superposição de capacidades produtivas e intensificou a competição entre empresas nacionais. Segundo dados da *Bloomberg New Energy Finance*, em 2017, o país já contava com 235 fabricantes de baterias, sendo que oito dos 13 principais polos mundiais de produção estavam localizados em

território chinês. No ano seguinte, o "Catálogo de modelos recomendados para desenvolvimento e aplicação em veículos de nova energia", publicado pelo Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação, listou mais de 190 fabricantes de baterias de energia (referentes aos lotes 5 a 11 de 2018).

A distribuição geográfica das empresas fabricantes de baterias para veículos elétricos na China está fortemente concentrada nas regiões costeiras do leste e do sul do país: são 112 empresas no Leste (59%), 29 no Sul (13,7%), 23 na China Central (12%), 13 no Norte (6,8%), nove no Sudoeste, cinco no Noroeste e cinco no Nordeste. Em contraste, as atividades de mineração e extração de matérias-primas se concentram nas regiões ocidentais, onde também há uma presença mais dispersa de fabricantes de materiais e componentes para células de baterias (ver Tabela 1).

Tabela 1 — Distribuição geográfica da fabricação de baterias para veículos elétricos na China.

Regiões / Províncias	N. de fabricantes de baterias para EV	Fabricantes selecionados de baterias para EV	Fabricantes de matérias-primas e componentes para células
Leste da China:	112		
Shandong	10	Yuhuang New Energy, Guojin Battery, Mofang New Energy, Wina Battery, Zibo Guoli, Gotion High-Tech, Lishen Battery	
Jiangsu	41	CATL, Phylion, Chunian, Youlion Battery, TENPOWER, Horizon New Energy, Jiaweilong Solid-state Energy Storage, Gotion High-Tech, Lishen Battery, Farasis, LG, SK etc.	
Zhejiang	22	Microvast, Tianneng Power, Chaowei, CRRC New Energy, WM Motor, Aoyou Battery, Weihong Power, Wanxiang 1-2-3, Gushen Energy, and Hengdian Dongci	Huayou, Shanshan Technology
Xangai	15	CATL, DLG Battery, ATBS, Hope New Energy, Shanghai Wolkswagen, SAIC Motor, Delang Energy Power, Jiexin Power, Carnegie New Energy, and Jinghong New Energy	
Anhui	12	Gotion High-Tech, ETC Battery, SinoEV, Wuhu Tianyi Energy, Farasis	Huayou
Jiangxi	7	CATL, Farasis, Far East Battery, Anchi New Energy, Hengdong New Energy, Gotion High-Tech	Huayou, Tinci High-tech Materials
Fujian	5	CATL, EPOWER, Jiudian, Mengshi, and Guancheng Ruimin New Energy	

Continua.

Tabela 1 – (Continuação)

Regiões / Províncias	N. de fabricantes de baterias para EV	Fabricantes selecionados de baterias para EV	Fabricantes de matérias-primas e componentes para células
China Central:	23		
Hunan	8	Soundon New Energy, Melsen Power, BYD	Corun New Energy
Hubei	6	Wuhan Troowin Power, LiWei Renewables, Camel Group New Energy, and Dongfeng Motor, Lishen Battery, EVE Lithium Energy	
Henan	9	CALB (Luoyang), DFD Group, Poly Fluoride (Jiaozuo), Henan Lithium Power Source, Henan New Taihang, BAK	
Norte da China:	13		
Pequim	7	National Power Battery, CITIC-Guoan Mengguli, SinoHytec, Haibo Sichuang Technology, Zhixing Hongxn, Zhixing Hongyuan, and Beijing Pride	
Tianjin	5	Yingalde, Lishen Battery, Jeve, Hawtai-EVE, and Gateway Power	Huayou, Tinci High-tech Materials
Shanxi	1	Changzheng	
Hebei	1	Gotion High-Tech	
Mongólia Interior			Huayou, Shanshan Technology
Sudoeste da China:	9		
Sichuan	5	CATL, Jianxing Lithium Battery, Tonghua Technology, Dongfang, Guorong Technology, Lishen Battery, BAK	
Guizhou	1	Gui'an Sunshine Renewables	
Chongqing	2	Chang'an, BYD	
Noroeste da China:	5		
Shaanxi	4	Tesson, Xinghua Electronics, Banghua, Samsung Huanxin	
Ningxia	1	Longneng Technology	
Qinghai			CATL, BYD, China Minmetals
Gansu			Jinchuan
Nordeste da China:	5		
Liaoning	2	BMW-Brilliance, Panasonic	
Heilongjiang	1	Harbin Guangyu Battery	Battery NM
Jilin	2	FAW-Volkswagen, BYD	

Continua.

Tabela 1 – (Continuação)

Regiões / Províncias	N. de fabricantes de baterias para EV	Fabricantes selecionados de baterias para EV	Fabricantes de matérias-primas e componentes para células
Sul da China	29		
Guangxi	3	Zhuoneng Renewables, Sunwatt Battery, Gotion High-Tech	
Guangdong	26	CATL, BYD, Yinlong New Energy, Tianjin New Energy, EVE Lithium Energy, BAK Battery, Penghui Energy, Zhenhua New Energy, Sunwoda, EPower Energy, Cham Battery, Maike New Energy, GAC Group, Teamgiant, TIG, BAK, SK	Corun New Energy, Gotion High-Tech, Shanshan Technology, Battery NM

Fonte: (i) os dados relativos aos fabricantes de baterias são baseados no "Catálogo de Modelos Recomendados para a Promoção e Aplicação de Veículos de Nova Energia" produzido pelo Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação (do 5º ao 11º lote em 2018) e na fonte recente dos autores; (ii) os dados relativos aos fabricantes de matéria-prima e componentes de células são de Luethje, Zhao, Wu e Luo (2021).

Nota: Os fabricantes de baterias indicados na tabela referem-se a empresas cujo negócio principal é a produção de baterias semiacabadas e acabadas, i.e., células, módulos e pacotes de baterias com sistemas de gerenciamento de baterias.

Política de aglomerados industriais

A formulação de políticas locais voltadas à criação de *clusters* para baterias integra o planejamento estratégico dos governos locais. Esses planos costumam estabelecer metas claras para o desenvolvimento industrial, acompanhadas de orçamentos específicos destinados a subsídios financeiros, distribuídos conforme as características de cada zona geográfica. Um exemplo emblemático é o "Plano de ação para o desenvolvimento da alta qualidade da indústria automotiva de Zhejiang (2019 – 2022)", que buscou posicionar a província como referência mundial em *cluster* automotivo, por meio de incentivos à inovação, investimentos em infraestrutura e apoio direto às empresas do segmento.

A província de Zhejiang deveria priorizar a criação de quatro grandes aglomerados industriais voltados ao setor automotivo. Para isso, a recomendação era investir em zonas de desenvolvimento, parques de alta tecnologia e localidades estrategicamente selecionadas, que já possuam infraestrutura adequada. A iniciativa visava promover a modernização da indústria, facilitando a transição de veículos com motor de combustão interna (ICE) e de seus componentes para modelos inteligentes e elétricos.

O governo de Zhejiang apoia a criação de um fundo para a indústria automotiva, com foco em P&D voltado à produção, promoção e distribuição de veículos inteligentes e de nova energia. Além disso, incentivou instituições financeiras a fornecer crédito, garantias e outros apoios para projetos de EV.

O "Plano de Construção de Sistemas Industriais Modernos e Desenvolvimento de *clusters* de nível 100 bilhões de yuan" para o período de 2018-2020, da Província de Fujian, priorizou o desenvolvimento de 27 clusters, incluindo aqueles especializados em baterias para EV e em novos materiais, como terras raras e grafeno, bem como *clusters* industriais voltados para equipamentos de alta qualidade, indústria automotiva, e novos arranjos químicos.

Entre as iniciativas, destaca-se o plano de criação de *clusters* voltados para setores estratégicos, como baterias para veículos elétricos, terras raras e novos materiais à base de grafeno. Esse plano previa a implantação de cinco parques industriais dedicados à produção de baterias e dois parques industriais especializados em grafeno.

As "Considerações sobre a aceleração da inovação e do desenvolvimento da indústria automotiva de novas energias" (2020), publicadas pela Província de Guangdong, têm como objetivo promover o desenvolvimento de *clusters* voltados para EVs. O Delta do Rio das Pérolas destaca-se como principal polo mundial de produção de EVs completos, e a política estadual busca estimular a concentração industrial, especialmente na fabricação de peças e componentes essenciais. Entre 2018 e 2020, ocorreu uma redução superior a 50% nos subsídios nacionais destinados à compra de veículos elétricos, o que impactou diretamente os fabricantes locais. Em resposta, o governo de Guangdong implementou uma política de incentivo financeiro, subsidiando os juros de empréstimos de até 100 milhões de yuans por empresa. Essa medida beneficiou fabricantes que produziam e comercializavam EVs dentro da província, mas que ainda não haviam recebido subsídios nacionais,

contribuindo para a manutenção da competitividade regional e o fortalecimento da cadeia produtiva local.

O governo também apoiou essas empresas por meio da emissão de títulos corporativos especiais e títulos verdes. Além de utilizar o fundo provincial de desenvolvimento industrial, Guangdong mobilizou capital privado e financiamento do setor financeiro para apoiar os fabricantes locais de veículos elétricos.

Os governos locais na China demonstram amplo domínio estratégico sobre a cadeia produtiva da indústria de baterias para veículos elétricos. De modo sistemático, identificam as diferentes etapas da cadeia de valor — desde a extração de materiais e produção de componentes (a montante) até as aplicações finais (a jusante). Com base nessa análise, definem quais segmentos merecem prioridade em políticas de desenvolvimento, direcionando investimentos e incentivos conforme as necessidades regionais e as oportunidades de mercado.

Na política chinesa, essa estratégia é conhecida como "investimento na cadeia produtiva". Consiste em atrair empresas para todas as etapas da fabricação de baterias — desde a produção de matérias-primas e componentes essenciais até materiais auxiliares e produtos de embalagem — com o objetivo de estruturar uma cadeia industrial completa e integrada em determinada região.

Por exemplo, a província de Zhejiang, no contexto do desenvolvimento integral de veículos elétricos, incentiva os OEMs a orientar seus fornecedores na atualização de modelos com motores de combustão interna, promovendo sua conversão para veículos elétricos. Simultaneamente, estimula os fabricantes do setor a incorporar tecnologias de eletrificação e digitalização, como sistemas inteligentes de conectividade e automação, com o objetivo de produzir veículos de última geração. Digitalização significa unir tecnologias avançadas e engenharia automotiva para desenvolver soluções inteligentes baseadas em dados e sistemas conectados, com maior eficiência operacional.

Em relação ao fomento à indústria de baterias, o governo da província de Zhejiang apoia o desenvolvimento de tecnologias voltadas para células de combustível, motores elétricos e integração de sistemas. Entre as principais iniciativas, destacam-se incentivos financeiros e parcerias estratégicas para acelerar o desenvolvimento de veículos movidos a células de combustível, bem como a implantação de postos de abastecimento de hidrogênio. Para

promover a adoção dessas tecnologias, estão sendo implementadas operações de demonstração nos setores de transporte urbano de passageiros, logística e transporte de cargas.

Além disso, Zhejiang incentiva a adoção de um sistema de serviços de reciclagem e reutilização de baterias de hidreto metálico de níquel, baterias de íons de lítio e baterias de células de combustível pelos *clusters* de baterias.

Seguindo a tendência nacional de fortalecimento dos *clusters*, a província de Guangdong tem investido na criação de novos polos industriais voltados ao setor de veículos elétricos, especialmente em suas regiões leste, oeste e costeira. Paralelamente, há uma expansão significativa na produção de baterias para EVs e de materiais estratégicos, com destaque para o Delta do Rio das Pérolas. Em 2018, a cidade de Jiangmen, situada nessa região e classificada como cidade de nível prefeitural, conseguiu atrair doze projetos industriais, totalizando um investimento de 12 bilhões de yuans. Esses projetos contemplam desde materiais catódicos e anódicos, insumos para eletrodos e separadores, até equipamentos industriais e baterias para armazenamento de energia, consolidando Jiangmen como um polo emergente na cadeia produtiva de EVs.

Com um grande investimento em materiais catódicos para baterias de níquel-hidrogênio (hidróxido de níquel) particularmente para veículos elétricos híbridos, Jiangmen está se tornando a principal base industrial da província na produção de matérias-primas para baterias de EVs.

A estratégia de "investimento em cadeia industrial" leva ao surgimento de *clusters* de fabricação de baterias, com cadeias de suprimento mais longas ou mais curtas, mas sempre cobrindo as principais etapas do processo de fabricação. As pequenas e médias empresas chinesas inseridas em um *cluster* constituem, assim, cadeias de suprimentos relativamente completas para OEMs, conferindo à China vantagens localizadas no que diz respeito a materiais, componentes, células, pacotes, controle de acionamento e sistemas elétricos e até mesmo componentes mecânicos.

Além disso, os governos locais enfatizam a "coordenação e conexão" de empresas fornecedoras de baterias, dentro e fora dos *clusters*, com os OEMs enquanto clientes das cadeias de suprimentos. Zhejiang estabeleceu um esquema de incentivos para coordenar OEMs e fornecedores com o objetivo de aprimorar as habilidades dos fornecedores de componentes essenciais.

Em nível provincial, o governo de Guangdong realiza anualmente uma ou duas "reuniões de coordenação" dedicadas à indústria automotiva de novas energias. Nessas reuniões, OEMs e principais fornecedores de peças e materiais são incentivados a colaborar, promovendo uma integração eficiente tanto nas etapas iniciais (a montante) quanto nas finais (a jusante) da cadeia de valor dos veículos elétricos. Essa política de "investimento na cadeia industrial", aliada às reuniões de coordenação, tem gerado resultados concretos, como o fortalecimento de parcerias estratégicas, a aceleração da inovação tecnológica e o aumento da competitividade dos produtos e empresas da região.

Política de Tecnologia e Inovação

Outra prioridade das políticas de *clusters* locais na China é o estímulo à inovação tecnológica. Os governos locais implementam estratégias específicas, como a criação de incubadoras de inovação científica e tecnológica — incluindo centros públicos de P&D, institutos de pesquisa, alianças tecnológicas e organizações híbridas intermediárias — para promover o desenvolvimento de novas capacidades e fortalecer o ecossistema de inovação regional (Cong *et al*., 2018).

Por exemplo, a província de Zhejiang, assim como diversos *clusters* de veículos elétricos na China, tem direcionado esforços para o desenvolvimento de veículos exclusivamente elétricos e de tecnologias relacionadas a células a combustível de hidrogênio. Nesse contexto, foram identificadas dez áreas tecnológicas fundamentais, especialmente voltadas para baterias de longa duração, sistemas de energia baseados em células a combustível e sua integração eficiente nos veículos. Entre as principais tecnologias priorizadas destacam-se: membranas (separadoras) de alta confiabilidade; catalisadores e placas bipolares; sistemas de suprimento de hidrogênio e de componentes essenciais; integração e otimização do sistema de célula de combustível no veículo; tecnologias de produção e equipamentos para armazenamento de hidrogênio de alta pressão etc.

Para desenvolver essas e outras tecnologias relacionadas — como dispositivos para economia de energia, baterias de estado sólido, motores elétricos, controle elétrico e direção autônoma —, a província de Zhejiang construiu uma série de incubadoras de inovação, incluindo: centros de engenharia conjuntos nacionais e locais; centros de tecnologia empresarial nacionais e provinciais; laboratórios de engenharia (centros de pesquisa em enge-

nharia); institutos empresariais centrais de pesquisa e desenvolvimento em nível provincial; centros de serviços de inovação e outras organizações similares. A província também criou instituições para testes e padronização de produtos e processos, fortalecendo sua *expertise* em pesquisa voltada ao estabelecimento de padrões, bancos de dados básicos, sistemas completos para veículos e segurança para veículos elétricos — sejam eles exclusivamente a bateria ou com células a combustível de hidrogênio. Uma incubadora de capacitação tecnológica também foi organizada.

A província de Guangdong tem adotado uma abordagem estratégica para impulsionar o setor de veículos elétricos e tecnologias associadas. Foram elaborados roteiros tecnológicos específicos para veículos exclusivamente elétricos, veículos movidos a célula de combustível de hidrogênio e veículos inteligentes conectados, orientando o desenvolvimento e a inovação nessas áreas. Entre 2018 e 2020, o governo provincial investiu cerca de 300 milhões de yuans em projetos de pesquisa e desenvolvimento voltados para componentes essenciais dos veículos elétricos, como motores elétricos, controles eletrônicos, sistemas de células de combustível, eletrólitos de baterias e materiais anódicos e catódicos. Como parte da implementação dessas políticas, Guangdong estabeleceu a criação anual de três a quatro incubadoras de inovação dedicadas a veículos elétricos e seus componentes. Essas incubadoras, subsidiadas por fundos do programa provincial de inovação industrial, têm desempenhado papel fundamental no apoio a *startups* e empresas inovadoras, acelerando o desenvolvimento tecnológico e fortalecendo o ecossistema local de mobilidade elétrica.

A província promove a integração entre OEMs, universidades, institutos de pesquisa e fabricantes de componentes, formando alianças industriais estratégicas. Essas parcerias visam acelerar o desenvolvimento tecnológico em áreas como fabricação de veículos elétricos, aprimoramento de componentes-chave, sistemas inteligentes de gestão e infraestrutura para recarga e substituição de baterias.

No contexto dos *clusters* da indústria de baterias, os governos locais chineses adotaram a política do "programa cinco-um". Esse programa determina que cada *cluster* deve contar com cinco pilares essenciais: um instituto de pesquisa e desenvolvimento (P&D), uma unidade de teste e controle de qualidade, um centro de engenharia, um centro de treinamento profissional e um fundo de capital de risco.

À medida que empresas conexas e de apoio se aproximam dos fabricantes de baterias, os *clusters* chineses evoluem para verdadeiros ecossistemas industriais, caracterizados por alta densidade de interações e colaboração (Vazquez, Hallack e Perez, 2018; Pisano e Shih, 2012). Esse processo é impulsionado por políticas governamentais voltadas à criação de incubadoras de inovação, que facilitam o acesso das empresas locais a instituições, informações, recursos e capacidades técnicas essenciais.

Dessa forma, os *clusters* de baterias configuram-se como sistemas de inovação setoriais, geralmente de porte reduzido, que criam um ambiente propício ao aprendizado tecnológico. Esse ambiente favorece tanto o desenvolvimento de novas células quanto o aprimoramento dos processos de fabricação, aspectos que frequentemente se complementam e se reforçam mutuamente (Malerba, 2002).

A importância dos *clusters* industriais para o domínio da tecnologia de fabricação de baterias reside, sobretudo, na capacidade dos fabricantes de baterias de oferecer aos OEMs não apenas produtos, mas soluções técnicas completas. Esses fabricantes, ao se conectarem diretamente com fornecedores de matéria-prima e componentes, integram elementos físicos (*hardware*) e sistemas de gerenciamento de baterias (*software*), resultando em pacotes que agregam valor por meio de serviços personalizados.

A tensão de operação de uma bateria de veículo elétrico (EV) é geralmente de 12 V ou 24 V, enquanto cada célula de íons de lítio opera em torno de 3,7 V. Para atingir a tensão necessária, diversas células são conectadas em série. Contudo, garantir que todas as células sejam carregadas e descarregadas de forma uniforme é um desafio, pois pequenas diferenças de capacidade, resistência interna ou envelhecimento podem causar desequilíbrios entre elas. Quando há falta de uniformidade, algumas células podem ser submetidas à subcarga ou à descarga excessiva, comprometendo o desempenho e a vida útil do conjunto.

A deterioração do desempenho das baterias pode comprometer o funcionamento de todo o módulo, levando, em casos extremos, à necessidade de descarte. Para garantir maior durabilidade e confiabilidade, é fundamental abordar simultaneamente aspectos técnicos relacionados à escolha e qualidade dos materiais, à eficiência dos sistemas de gerenciamento de bateria e aos processos mecânicos de fabricação e montagem.

Muitas vezes, é necessário que empresas a montante, que produzem materiais, sistemas de gestão e outros componentes, trabalhem em conjunto

com empresas a jusante, que produzem células, módulos e pacotes de baterias, formando um *cluster* industrial mais propício ao progresso tecnológico e à redução geral de custos.

Dentro dos *clusters*, os fabricantes de baterias mantêm contato direto e frequente com os principais clientes, como montadoras e integradores de sistemas. Essa proximidade facilita o suporte técnico e operacional, permitindo ajustes rápidos na capacidade de produção e na resolução de problemas. Além disso, a colaboração entre empresas do *cluster* promove a padronização dos processos e a uniformidade na qualidade das células, módulos e pacotes de baterias. Como resultado, os produtos finais apresentam maior confiabilidade e desempenho, atendendo de forma mais eficiente às exigências dos OEMs.

Política de expansão geográfica

Os *clusters* chineses constituem a base para o desenvolvimento e a competitividade dos fabricantes de baterias. A organização de pequenas e médias empresas em *clusters* visa fortalecer a liderança dessas empresas nos mercados nacional e internacional, sendo resultado direto das políticas de aglomeração industrial. Os governos locais mantêm parcerias estratégicas com empresas selecionadas para impulsionar o setor.

Além de incentivar investimentos estrangeiros no setor de veículos elétricos, a província de Zhejiang adota uma política voltada ao fortalecimento de empresas nacionais líderes, promovendo fusões, aquisições e parcerias estratégicas. O governo de sua capital, Hangzhou, apoia grandes corporações, como Geely e Ali, em suas iniciativas de expansão e cooperação internacional.

A província de Fujian adotou medidas específicas de apoio a empresas inovadoras como CATL, Dense Lion New Energy, Giant Power New Energy, Xiamen Tungsten Industrial Group, Shanshan Technology e Jinlong Rare Earth, que lidam com baterias, materiais funcionais de terras raras e suas aplicações, grafeno e outros novos materiais.

Empresas em rápido crescimento ampliam sua capacidade produtiva por meio da construção de novos parques industriais e distritos, além de investirem em diferentes etapas da cadeia de valor das baterias, tanto em outras regiões do país quanto internacionalmente.

A CATL, com sede em Ningde (Fujian), instalou três fábricas na região antes de se expandir para outras partes da província. Entre 2018 e 2021, a empresa fez investimentos em negócios relacionados a materiais catódicos e anódicos, mineração, equipamentos industriais e reciclagem de baterias em diferentes lugares, aumentando assim sua capacidade de produzir baterias de íons de lítio.

Essa expansão geográfica contribui para a formação de mais *clusters* de baterias na China, criando um processo interativo dinâmico entre governo local, grandes empresas e *clusters* industriais. Fora da China, por meio de seis investimentos de capital em empresas americanas, canadenses, australianas e africanas, a CATL adquiriu acesso a minas de metais como lítio e cobre.

A emergência de *clusters* industriais especializados em baterias, frequentemente situados fora dos tradicionais polos automotivos e inseridos em centros de fabricação de eletrônicos, permitiu à China consolidar a mais completa cadeia de suprimentos para baterias de veículos elétricos, abrangendo todos os segmentos relevantes. Diversos fabricantes chineses de baterias que alcançaram competitividade global surgiram desses *clusters*, estando bem posicionados para a futura divisão internacional do trabalho. O caso do *cluster* de Huizhou, analisado na próxima seção, exemplifica como tais *clusters* industriais constituem o núcleo da vantagem chinesa na cadeia de valor de baterias para veículos elétricos, evidenciando os mecanismos que sustentam essa liderança no nível empresarial.

O caso do *cluster* de baterias para veículos elétricos de Huizhou: de cadeia de suprimentos à cadeia de valor industrial

A China tem se destacado mundialmente na produção de veículos elétricos, e a província de Guangdong, localizada no sul do país, desempenha papel central nesse cenário. Atualmente, Guangdong abriga 26 fabricantes de baterias para EVs, concentrados principalmente na região central da província, conhecida como Delta do Rio das Pérolas. Essa área foi designada como área-piloto pelo plano industrial chinês "*Made in China* 2025", devido à sua infraestrutura avançada e potencial de inovação. O Delta do Rio das Pérolas é composto por nove cidades de nível prefeitural, incluindo Shenzhen, Guangzhou, Foshan, Dongguan e Huizhou, entre outras. Juntamente com Hong Kong e Macau, essas cidades formam a chamada Grande

Área da Baía de Guangdong-Hong Kong-Macau, considerada um dos principais polos industriais e tecnológicos da China.

Para compreender a natureza e a dinâmica da indústria de baterias para veículos elétricos na China, nossa pesquisa adota como estudo de caso a cidade de Huizhou. Localizada no leste do Delta do Rio das Pérolas e vizinha de Shenzhen e Dongguan, Huizhou destaca-se por possuir a quinta maior economia da província. Em 2021, seu PIB atingiu 77,2 bilhões de dólares americanos, sendo que as 2.509 empresas industriais da cidade foram responsáveis por 52% desse valor.

Política industrial local

Huizhou possui uma longa tradição na produção de eletrônicos de consumo, que constitui um dos principais pilares de sua economia industrial — ao lado da indústria petroquímica. Em 2019, aproximadamente 67% do valor agregado industrial da cidade foi gerado pela chamada "manufatura avançada", enquanto 42% vieram da "indústria de alta tecnologia". Ambos os segmentos estão fortemente concentrados no setor de dispositivos eletrônicos de consumo, que apresenta uma trajetória de desenvolvimento própria e dinâmica. Essa indústria é sustentada, há décadas, por uma sólida rede local de fornecedores.

Huizhou ocupa, há anos, a liderança nacional no mercado de produtos e serviços de informação automotiva integrada, destacando-se especialmente em sistemas GPS veiculares. O setor local de tecnologia da informação e eletrônica é tradicionalmente comandado por grandes empresas estatais ou holdings, como TCL, Desay e Huayang (Zhao, 2022). Por outro lado, a maioria das empresas locais é composta por pequenas e médias empresas (PMEs), que atuam principalmente como fornecedoras de peças e componentes para etapas iniciais da cadeia de valor da indústria eletrônica. Essas PMEs agregam pouco valor em comparação aos OEMs, pois concentram suas atividades na produção de matérias-primas, componentes essenciais, peças modulares e produtos semiacabados. Algumas, entretanto, também fabricam produtos finais, embora em menor escala e com menor participação no mercado.

Antes de 2010, diversas empresas de Huizhou já se destacavam na fabricação de baterias para telecomunicações, computadores, celulares e outros dispositivos digitais. Essas empresas atuavam competitivamente nos mer-

cados nacional e internacional, especialmente nos segmentos de materiais, células e componentes essenciais para baterias, como cátodos, ânodos e eletrólitos. Ao longo dos anos, Huizhou consolidou-se como uma cidade secundária com forte vocação industrial, atraindo investimentos de Shenzhen e Dongguan — sobretudo quando os custos de terra e mão de obra nessas cidades vizinhas se elevaram.

Diversas empresas privadas e estrangeiras transferiram suas instalações de produção para Huizhou, favorecendo a formação de *clusters* especializados. Esse processo, impulsionado por novos investimentos, resultou na diversificação da base industrial da cidade, com destaque para setores como eletrônicos, veículos de nova energia, baterias, tecnologias ambientais, equipamentos energéticos inovadores, materiais de construção avançados, medicamentos e equipamentos de ponta. O fortalecimento desses segmentos tem ampliado as oportunidades de Huizhou para aprofundar sua experiência em manufatura e consolidar sua posição nas cadeias globais de suprimento, especialmente no mercado de produtos de tecnologia da informação.

Mas o verdadeiro salto de Huizhou na produção de baterias para veículos elétricos foi impulsionado e viabilizado pela conjunção de políticas industriais nacionais e estratégias locais de aglomeração produtiva.

No setor de EVs, a estratégia geral da China baseou-se em dois pilares principais. O primeiro foi o estímulo à demanda interna, realizado por meio de subsídios governamentais à compra de veículos de nova energia (NEVs). O segundo pilar envolveu o apoio aos fornecedores nacionais de bateria para realizarem *catching up* tecnológico e fortalecerem a sua capacidade de competir internacionalmente.

Nesse sentido, em 2011, a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma publicou o "Catálogo de Orientações para Investimento Estrangeiro", estabelecendo restrições que proibiam empresas controladas por acionistas estrangeiros de atuar na produção de baterias para veículos elétricos. Essa medida visava fortalecer o setor nacional e garantir maior autonomia tecnológica. Posteriormente, em 2015, o Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação lançou a "Regulamentação sobre os Padrões da Indústria de Baterias Automotivas", conhecida como "lista branca". Esse catálogo passou a incluir apenas modelos de baterias totalmente controlados por fabricantes nacionais, o que, na prática, excluiu concorrentes estrangeiros do mercado chinês.

A partir de 2018, a chamada "lista branca" passou a incluir *joint ventures* entre companhias chinesas e estrangeiras. Apesar dessa abertura gradual, a

política de proteção ao setor foi decisiva para que os fabricantes nacionais pudessem investir em tecnologia, ampliar rapidamente sua capacidade produtiva e alcançar economias de escala.

Em 2016, o Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação da China publicou as "Normas e Condições do Setor de Baterias para Automóveis", estabelecendo um piso mínimo de 8 GWh (gigawatts-hora) de capacidade instalada como requisito para ingresso no setor. Posteriormente, o governo chinês também utilizou subsídios para pressionar os fabricantes de baterias a aumentarem a densidade energética de seus produtos, ou seja, atualizando a tecnologia na produção de baterias.

Em nível local, o governo de Huizhou sempre priorizou políticas voltadas ao desenvolvimento da indústria automotiva. Apesar de não ter conseguido atrair grandes fabricantes de automóveis, a cidade consolidou um setor robusto de autopeças, formado por empresas especializadas na produção de baterias de energia, componentes eletrônicos, chicotes elétricos, motores e outros itens essenciais para a cadeia automotiva. Em 2015, o valor total da produção desse setor ultrapassou 35 bilhões de yuans, evidenciando a importância econômica da indústria local.

Com o aumento da demanda por veículos elétricos impulsionado pela política nacional de subsídios, o governo de Huizhou intensificou o apoio ao desenvolvimento da cadeia de suprimentos de baterias. Esse apoio incluiu [exemplos de ações: subsídios, incentivos fiscais, criação de parques industriais etc.], aproveitando a sólida experiência local na produção de componentes eletrônicos de consumo, o que facilitou a adaptação tecnológica e organizacional das empresas para atender ao novo mercado.

A política de *cluster* voltada ao setor de baterias em Huizhou passou a englobar uma série de ações articuladas, incluindo: apoio financeiro substancial do governo provincial; autorização para a criação de um parque industrial especializado, com políticas de apoio associadas; formação de uma cadeia industrial local completa, favorecendo a migração de sedes corporativas de Shenzhen para Huizhou; facilidades e recursos financeiros para a expansão da produção; aceleração na tramitação de projetos, com simplificação dos processos de aprovação; incentivos para P&D, incluindo apoio financeiro à pesquisa tecnologia e estímulo à expansão de centros de P&D; fomento à instalação de filiais de montadoras (OEMs); incentivos fiscais para *start-ups* inovadoras; subsídios financeiros diretos e facilidades de acesso a crédito e empréstimos (Luethje *et al*., 2021).

Fabricantes locais de baterias e cadeia de valor da indústria

O apoio político foi fundamental para que diversas empresas de Huizhou, anteriormente focadas na fabricação de dispositivos eletrônicos de consumo, redirecionassem suas atividades para o setor de baterias para veículos elétricos. Essas empresas investiram em novas linhas de produção e equipamentos modernos, o que acelerou a transição industrial da região. Como resultado, Huizhou rapidamente se consolidou como um dos principais polos especializados na fabricação de baterias para veículos elétricos na China, destacando-se tanto no mercado nacional quanto internacional.

A cadeia de valor das baterias elétricas veiculares é ampla e composta por diversos segmentos especializados, que se interligam para garantir eficiência e inovação. Nos segmentos a montante, destacam-se a extração de matérias-primas — como lítio, níquel e grafite — e a produção de componentes essenciais das células, incluindo cátodos, ânodos, eletrólitos e separadores. Na etapa intermediária, ocorre a fabricação das células, a montagem de módulos, o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de baterias (BMS), a produção dos pacotes de baterias e a implementação de sistemas de controle térmico. Além disso, produtos e serviços de suporte, como estruturas externas, peças de precisão e equipamentos industriais, desempenham papel fundamental para assegurar a qualidade e a padronização dos processos.

Por fim, os segmentos a jusante englobam as aplicações finais das baterias, como sua instalação personalizada em veículos elétricos, dispositivos móveis de armazenamento de energia, redes elétricas e outros mercados emergentes. Além dessas aplicações, esses segmentos incluem atividades essenciais para o ciclo de vida das baterias, como sistemas de recarga, processos de reutilização e iniciativas de reciclagem.

No setor de baterias para veículos elétricos, a cidade de Huizhou, no sul da China, abriga dez empresas que formam um *cluster* altamente integrado, caracterizado por uma cadeia de valor completa. Entre as principais empresas do *cluster* estão: BYD Corporation, Battery New Material, EVE Lithium Energy, Yineng Electronics, Desay Blue Micro New Energy, E-Power Energy, Sunwoda, Haopeng Technology, Yinghe Technology e Kedali. Embora a maioria dessas empresas seja de médio porte e possua baixa visibilidade internacional, destacam-se por sua atuação estratégica e liderança nos mercados doméstico e, em alguns casos, mundial. Esse fenômeno é conhecido como o das "campeãs invisíveis", termo utilizado para designar empresas

que, apesar de pouco reconhecidas fora do país, exercem papel fundamental em seus respectivos setores.

Em 2019, o mercado chinês de baterias para veículos elétricos foi marcado pela forte presença de empresas locais em diferentes segmentos. BYD, EVE e Sunwoda figuraram entre as principais fabricantes de baterias instaladas em veículos elétricos, ocupando respectivamente as posições 2, 6 e 9 no ranking nacional, o que evidencia a competitividade dessas empresas no setor. No segmento de baterias para ônibus elétricos, a E-Power destacou-se como líder de mercado, enquanto a Yinghe ocupou a primeira posição entre os fabricantes de equipamentos para produção de baterias, demonstrando a especialização dos *clusters* industriais chineses. Além disso, a Kedali consolidou-se como referência mundial na produção de partes estruturais de baterias, reforçando o papel estratégico das empresas chinesas na cadeia global de valor.

Em Huizhou, conforme ilustrado na Tabela 2, empresas locais de manufatura ocupam praticamente todos os estágios da cadeia de valor das baterias, desde a extração de matérias-primas até as aplicações finais. Destacam-se, especialmente, os segmentos de produção de células e montagem de pacotes, considerados estratégicos para o *cluster* regional. Entre as principais empresas, BYD, EVE e EPOWER lideram a fabricação de células e baterias em seus respectivos mercados. A EVE, por exemplo, adapta seus produtos para *powertrains* de veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia, enquanto a EPOWER investe em novos materiais catódicos para substituir importações e desenvolve sistemas proprietários de gerenciamento de baterias, atendendo principalmente ao segmento de ônibus híbridos. Já a BYD, após consolidar-se como fabricante de baterias para eletrônicos de consumo — fornecendo para empresas como Foxconn — expandiu sua atuação e hoje está presente em toda a cadeia de valor, produzindo baterias para seus próprios veículos elétricos e soluções de armazenamento de energia (Luethje *et al*., 2021).

O dinamismo e a capacidade inovadora das empresas locais de Huizhou transformaram a cidade em um dos principais polos de produção de baterias para veículos elétricos, não apenas no Delta do Rio das Pérolas, mas em toda a China (Zhao, 2022). Esse desenvolvimento resultou em uma cadeia de valor altamente integrada, capaz de fornecer desde materiais e componentes até sistemas completos de baterias e soluções de gerenciamento energético para fabricantes de automóveis (OEMs).

Tabela 2 Fabricantes de baterias e cadeia de valor da indústria no *cluster* de Huizhou

Segmentos da cadeia de valor de EV	Matérias-primas e componentes						Fabricação e montagem das baterias			Indústrias relacionadas e de suporte		Aplicações e usos		
	Minérios	Material anódico	Material catódico	Eletrólitos	Separadores	Outros (aglutinantes, adesivo etc.)	Células e módulos	BMS	Pacotes	Componentes estruturais (separadores, isoladores, invólucros etc.)	Equipamento para produção de células e pacotes	Veículos elétricos completos (passageiros e comerciais)	Armazenamento de energia	Reutilização e remodelagem
Battery NM	■	■		■		■								
DYD			■	■	■		■	■	■	■		■	■	■
EVE Lithium Energy							■	■	■				■	■
Sunwoda							■	■	■					■
Eve Power Energy							■	■	■					■
Hanpeng Technology			■				■							■
Desay Blue Moon New Energy								■	■					
Yuejia Technology											■			
Kedali Precision										■				
Yineng Electronics								■	■					

Fonte: Elaboração própria.
Nota: A faixa preta representa que a empresa produz o produto correspondente.

O *cluster* industrial de baterias estabelecido em Huizhou abrange praticamente todos os segmentos da cadeia de valor, criando um ambiente altamente favorável à competitividade das empresas locais (Porter, 1990) e fomentando um ecossistema de cooperação entre os participantes (Cooper e Berger, 2005). Amparadas por políticas públicas e com acesso facilitado a capital e instituições, essas empresas conseguem reduzir seus custos de produção. A concentração geográfica e a proximidade física entre as firmas favorecem o intercâmbio de informações, recursos e competências, facilitando tanto o aprendizado mútuo quanto o contato direto dos OEMs com toda a cadeia de suprimentos. Isso promove a formação de redes de produção locais dinâmicas e eficientes. Além disso, esses *clusters* industriais atraem investimentos de empresas altamente especializadas. Um exemplo é a Kedali, fabricante de estruturas de precisão, que afirmou ter escolhido Huizhou justamente devido ao desenvolvimento avançado do *cluster* de baterias na cidade. Assim, como ocorre em outras regiões da China, o *cluster* industrial de baterias de Huizhou tornou-se a base para o crescimento empresarial e para a competitividade da economia regional.

Método de pesquisa

Com o apoio do governo municipal de Huizhou, foi possível acessar o *cluster* industrial da cidade e realizar entrevistas presenciais com todas as empresas envolvidas. Os dados primários foram coletados em três rodadas de trabalho de campo: setembro de 2016 (quatro empresas visitadas), maio de 2018 (nove empresas) e agosto de 2019 (dez empresas). Em cada rodada, foram conduzidas entrevistas semiestruturadas em profundidade com os principais gestores, com duração média de 2,5 horas, abordando diversos aspectos das operações empresariais. As visitas incluíram também inspeções guiadas ao chão de fábrica, laboratórios de teste e salas de controle, além de discussões em grupos focais com gerentes e demais participantes, visando aprofundar o entendimento sobre os processos produtivos e organizacionais.

Ao final de cada semana de trabalho de campo, realizamos sessões de grupos focais organizadas pelo governo local, com a participação de representantes das empresas e autoridades relevantes. Cada sessão teve duração de duas horas e contou, em média, com seis empresas ou órgãos governamentais. Nessas discussões, foram obtidas informações complementares que enriqueceram os dados coletados. Além das entrevistas presenciais e visi-

tas *in loco,* analisamos diversos documentos, incluindo relatórios internos das empresas, catálogos, brochuras de produtos, documentos de políticas governamentais e planos estratégicos. O uso combinado dessas múltiplas fontes, juntamente com as transcrições das entrevistas e reuniões, permitiu a triangulação dos dados, fortalecendo a validade interna da pesquisa. Por fim, as informações provenientes de diferentes fontes foram cruzadas e organizadas em documentos de perfil de caso para cada empresa. As análises apresentadas nas seções seguintes baseiam-se nesses perfis sistematizados.

Produção em massa: competência central das empresas chinesas de baterias para veículos elétricos

No contexto da indústria chinesa de baterias para veículos elétricos, compreender o conceito de competência central é fundamental para analisar as vantagens competitivas das empresas do setor. Segundo Prahalad e Hamel (1990) e Leonard-Barton (1992), uma competência central consiste em uma combinação harmoniosa de capacidades, recursos e habilidades que tornam uma empresa única em relação aos concorrentes. Diferentemente da teoria das cinco forças de Porter, que enfatiza fatores externos como concorrência e poder de negociação, o conceito de competência central foca nos elementos internos que sustentam o desempenho superior das organizações. Diversos autores destacam que essas competências são a principal fonte de vantagem competitiva, pois permitem à empresa acessar diferentes mercados e criar barreiras à imitação (Alexander e Martin, 2013; Schilling, 2013; Yang, 2015).

A estrutura da cadeia de valor do *cluster* industral de baterias de Huizhou evidencia uma vantagem competitiva concentrada nos segmentos de células, sistemas de gerenciamento de bateria (BMS) e pacotes de baterias. Uma análise detalhada das empresas do *cluster* revela que essa vantagem está enraizada na fabricação em larga escala, apoiada por investimentos em automação e tecnologia avançada, além da rápida expansão da capacidade produtiva — atividades primárias essenciais para o desenvolvimento de produtos e componentes voltados aos usuários finais. Os fabricantes locais estruturaram uma cadeia de suprimentos integrada, ampliando agressivamente a produção e fortalecendo barreiras de entrada para concorrentes internacionais, o que consolida a liderança das empresas chinesas no setor.

Essas conquistas tecnológicas, especialmente a fabricação em massa e a expansão da capacidade produtiva, estão se consolidando como a principal

competência central dos fabricantes chineses. Embora o setor ainda esteja em processo de consolidação e muitas empresas sejam recém-chegadas, destaca-se que a competência central dessas firmas está diretamente ligada à capacidade de entregar produtos com qualidade, escala e custo competitivo. Isso gera valor diferenciado para os clientes, superando o desempenho de atividades primárias e de apoio observadas em outros mercados. Em comparação com concorrentes estrangeiros, as empresas chinesas se sobressaem pela agilidade na expansão produtiva e pela eficiência operacional, fatores que reforçam sua posição de liderança no setor.

O domínio do processo de fabricação em larga escala é uma característica marcante das empresas analisadas e da maioria dos fabricantes chineses de baterias. Esse domínio resulta, principalmente, de um intenso aprendizado tecnológico prático, desenvolvido diretamente no chão de fábrica.

Características da competência de produção em massa (mass manufacturing)

Segundo Porter (1985), a cadeia de valor de uma empresa envolve atividades primárias — como logística, produção, marketing e vendas — e atividades de apoio, como compras, gestão de pessoas e desenvolvimento tecnológico. No APL de Huizhou, fabricantes de baterias para veículos elétricos avançaram rapidamente em todas essas frentes. Por exemplo, investiram em linhas de produção automatizadas, criaram centros de pesquisa e desenvolvimento, e expandiram suas operações comerciais para mercados internacionais. Esse dinamismo resultou em ganhos significativos de eficiência, inovação e competitividade, consolidando Huizhou como referência nacional no setor.

A Tabela 3 apresenta uma síntese das principais atividades e competências desenvolvidas pelas empresas do *cluster* de Huizhou:

Tabela 3 – Principais atividades da cadeia de valor das empresas de baterias em Huizhou

Empresa	Principais produtos	Produção e operações	Mercado e vendas	Desenvolvimento de tecnologia
Battery NM	▪ Minérios ▪ Material anódico ▪ Eletrólitos ▪ Adesivo ▪ Aglutinante	▪ Alcançou produção em massa e está expandindo sua capacidade de produção; ▪ Linhas de produção automatizadas; ▪ Importação dos principais equipamentos	▪ Clientes nacionais convencionais ▪ Desenvolve os produtos juntamente com os clientes ▪ Os mercados tradicionais de materiais catódicos e anódicos estão saturados, por isso a empresa desenvolve novos segmentos	▪ Desenvolveu material anódico de silício-carbono ▪ As instalações de P&D se localizam em Shenzen ▪ Desenvolvimento de soluções tecnológicas abrangentes para baterias de lítio (aplicação de materiais)
BYD	▪ Material catódico, eletrólito ▪ Invólucro de bateria; ▪ Células de íons de lítio (LFP, NCA e NMC); ▪ Baterias tipo prismática; ▪ BMS próprio; ▪ Automóveis e ônibus elétricos de marca própria	▪ Produção em massa e expansão em larga escala da capacidade de produção (totalizando 12,1 GWh/ano); ▪ Implementação de uma linha de produção inteligente totalmente automática para a fabricação de células; ▪ Linhas de fabricação semiautomáticas, totalmente automatizadas e inteligentes são utilizadas de acordo com diferentes produtos. No entanto, a linha de produção para baterias tipo bolsa é menos automatizada; ▪ Os equipamentos dos estágios iniciais são em sua maioria importados; já a linha de montagem de baterias e a linha de logística dos estágios finais são desenvolvidas internamente.	▪ Os segmentos de mercado incluem trem de força para EV, armazenamento de energia, e armazenamento de energia para veículos de pequeno porte. ▪ Fornecem células a fabricantes para a montagem de seus módulos de bateria e pacotes de baterias, alguns dos quais são fabricantes locais; ▪ Pacotes com BMS são fornecidos a clientes tradicionais nacionais e internacionais (OEMs); ▪ Ênfase na resposta rápida às necessidades dos clientes; ▪ Criação de equipe de trabalho especializada para o serviço pós-venda; ▪ Impacto significativo da política de redução de subsídios sobre demanda do mercado. As empresas, em geral, sentiram a pressão dos clientes (OEMs) para reduzir custos.	▪ Projeto de bateria do tipo Blade (placa); ▪ A pesquisa destina-se principalmente a estender a vida útil e aumentar a densidade energética da bateria.
EVE Lithium Energy	▪ Células de íons de lítio (LCO, NMC e LFP) ▪ Baterias tipos cilíndrico, prismático e de bolsa ▪ BMS próprio			▪ Desenvolvimento contínuo do *design* de células para aumentar a densidade energética
Sunwoda	▪ Células de íons de lítio (NCA e NMC); ▪Baterias tipos prismática e de bolsa; ▪ BMS próprio			▪ Otimização do projeto do sistema de bateria
E-Power Energy	▪ Células de íons de lítio (LMO); ▪ Bateria tipo bolsa especialmente projetada para trem de força de ônibus elétrico; ▪ BMS próprio.			▪ Redesenho do sistema de circuitos ▪ Uso da tecnologia de resfriamento líquido ativo para sistemas de baterias ▪ P&D associados novos materiais para baterias ▪ Apoio em pesquisa da Universidade Politécnica de Pequim.
Haopeng Technology	▪ Precursor catódico ▪ Células de íon de Lítio de NCA			▪ Algum desenvolvimento tecnológico, mas admite haver uma defasagem entre seu nível tecnológico geral e aquele das empresas japonesas e coreanas.
Yineng Electronics	▪ Bateria tipo bolsa para trem de força de EV ▪ BMS			▪ Nenhum desenvolvimento tecnológico significativo.
Desay Blue Micro New Energy	▪ Baterias tipos prismático e cilíndrico; ▪ Após 2018, foco em BMS (incluindo BMU e BCU)			▪ Desenvolvimento iterativo de sistemas de *software*, múltiplos conjuntos de BMS.

Continua.

Tabela 3 – (Continuação)

Empresa	Principais produtos	Produção e operações	Mercado e vendas	Desenvolvimento de tecnologia
Yinghe Technology	▪ Equipamentos para os estágios inicial e final da produção de baterias de íons de lítio, especialmente máquinas para as etapas de corte/corte a laser, bobinagem/prensagem e conformação de eletrodos; ▪ Equipamentos de sistemas de TI, como MES; ▪ Linha de montagem inteligente completa etc.	▪ Atingiu produção em massa e está expandindo a capacidade de produção; ▪ O nível geral de automação da produção de equipamentos não é muito alto; ▪ Equipamentos não padronizados devem ser montados manualmente; ▪ Processamento de peças de precisão com automação.	▪ Clientes tradicionais nacionais; ▪ Os produtos são customizados para os clientes; ▪ Fornece amplo suporte de treinamento aos clientes, de modo semelhante aos fabricantes de robôs.	▪ Única empresa fabricante de soluções de linhas de produção inteligentes para a produção de baterias de lítio (projeto pré-configurado); ▪ Desenvolvimento de sistema de execução de manufatura (MES) próprio para setores específicos; ▪ Desenvolvimento do conceito de "fábrica digital".
Kedali Precision	▪ Peças estruturais metálicas para caixa elétrica; ▪ Peças estruturais metálicas para baterias e acumuladores de automóveis.	▪ Planeja produzir 30 milhões de conjuntos por ano; ▪ Atingiu a produção em massa e está expandindo sua capacidade de produção; ▪ Os principais equipamentos são importados. ▪ Equipado com linha de produção automatizada. ▪ Compra antecipada de capacidade de produção de vários anos de fornecedores de equipamentos.	▪ Atendem clientes nacionais tradicionais; ▪ A participação no mercado nacional é de 50% e a participação no mercado global é de 20%; ▪ Mantêm-se a par das necessidades das principais montadoras (OEM) e podem fornecer diretamente para elas.	▪ Aproveitam a vasta experiência adquirida na indústria de moldes para implementar inovações em processos de produtos; ▪ Desenvolvem componentes de precisão para sistemas de controle inteligente de veículos.

Fonte: Elaboração própria.

Nota: LFP = fosfato de ferro e lítio; LMO = óxido de manganês e lítio; NCA = lítio-níquel-cobalto--alumínio; NMC = lítio-níquel-manganês-cobalto; LCO = óxido de cobalto e lítio (células para smartphones, laptops, câmeras etc.); BMS = sistema de gerenciamento de bateria; BMU = unidade de gerenciamento de bateria; BCU = unidade de controle de bateria.

As empresas locais de Huizhou ocupam posição de destaque na cadeia de valor da indústria de baterias para veículos elétricos. Nos segmentos a montante — que incluem a produção de materiais, equipamentos e peças estruturais — são reconhecidas como líderes de mercado. Nos segmentos a jusante, como fabricação de células, montagem de pacotes de baterias e desenvolvimento de sistemas de gerenciamento, essas empresas passaram a integrar o sistema de fornecimento de importantes montadoras nacio-

nais. Em 2017, o setor local registrou uma receita total de vendas de 12,45 bilhões de yuans, com mais de 800.000 unidades comercializadas, evidenciando o impacto econômico e estratégico dessas empresas para a região. As empresas chinesas produzem os três principais formatos de pacotes de baterias para veículos elétricos: cilíndrico, prismático e bolsa. Os formatos prismáticos e bolsa predominam no mercado chinês, sendo o tipo bolsa especialmente valorizado por sua flexibilidade e melhor adaptação ao espaço disponível nos veículos. Do ponto de vista tecnológico, a composição eletroquímica das baterias para EVs é semelhante àquela utilizada em dispositivos eletrônicos de consumo, como celulares e laptops. Entre as principais químicas de células de íons de lítio, destacam-se NMC (lítio-níquel-manganês-cobalto) e LFP (fosfato de ferro-lítio). As células NMC oferecem maior densidade de energia, o que permite baterias mais compactas e leves, porém apresentam custo mais elevado e exigem materiais críticos. Já as células LFP, embora tenham densidade energética inferior, são mais acessíveis, apresentam maior estabilidade térmica e ciclo de vida prolongado, tornando-se uma opção competitiva para aplicações que priorizam segurança e custo.

Os fabricantes de Huizhou fizeram poucos avanços em inovações radicais na química das células a partir de pesquisa básica. Suas inovações concentram-se em buscar materiais mais eficientes junto a fornecedores de melhor qualidade, visando um progresso incremental na qualidade do produto, ou no redesenho da arquitetura das baterias, como o projeto da "bateria *blade*" da BYD, que se destaca por sua maior segurança e densidade energética, sem alterar fundamentalmente a química das células. Essa abordagem incremental observada em Huizhou reflete uma tendência nacional, na qual as empresas chinesas priorizam melhorias nos processos produtivos e na engenharia, em vez de buscar rupturas tecnológicas. Segundo a Classificação Internacional de Patentes (IPC), em 2017, as dez maiores empresas detentoras de patentes em baterias para veículos elétricos eram oriundas do Japão, Estados Unidos, Coreia do Sul e Alemanha, com um total de 3.278 patentes. Esse cenário evidencia que, enquanto países líderes concentram suas patentes em avanços químicos e tecnológicos, as empresas chinesas direcionam seus esforços para aprimorar processos de fabricação e engenharia dentro do paradigma existente das baterias de íons de lítio.

A fabricação e produção tornaram-se o principal trunfo das empresas de baterias de Huizhou, consolidando sua presença no mercado mundial.

As empresas especializadas na produção de células, módulos e pacotes de baterias desenvolveram uma capacidade diferenciada para fabricar em larga escala com qualidade, assegurando uma participação significativa no mercado. Essa capacidade de produção tornou-se a principal vantagem competitiva do setor chinês de baterias para veículos elétricos, evidenciada por três:

1. Por meio de engenharia de produção confiável e da adoção de fabricação em massa, as empresas de Huizhou alcançaram, em 2017, uma capacidade instalada de 12,1 GWh. Esse volume equivale a cerca de 196.700 pacotes de baterias para veículos elétricos, representando aproximadamente 7% da capacidade nacional. No mesmo ano, a produção anual efetiva foi de 31.800 pacotes. Empresas como BYD, Sunwoda, EVE Lithium, E-Power Energy, Yineng Electronics e Haopeng Technology modernizaram suas operações, implementando linhas de produção automáticas em larga escala. Esse movimento impulsionou o crescimento do setor: em 2019, a BYD atingiu uma capacidade de 40 GWh, a EVE chegou a 20 GWh e a E-Power alcançou 2,8 GWh.
2. O rápido e massivo investimento em ativos fixos — especialmente em equipamentos de última geração e novas linhas de produção — permitiu aos fabricantes de baterias de Huizhou aprimorar suas competências em automação, engenharia de processos e controle de qualidade. Ao longo dos anos, essas empresas se destacaram pela agilidade no planejamento e execução de projetos industriais, pela eficiência na construção de instalações e pela implantação de sistemas avançados de manufatura, frequentemente recorrendo à importação de equipamentos de ponta de diversos países.
3. A BYD construiu em 2009 sua primeira linha de produção totalmente automática de baterias LFP (lítio-ferro-fosfato), iniciando a produção em massa de veículos elétricos entre 2013 e 2014. Em apenas quatro anos, sua capacidade saltou de 2 GWh para 16 GWh, com processos altamente automatizados, incluindo soldagem robótica e uso de manipuladores mecânicos para peças metálicas. A EVE, por sua vez, investiu 600 milhões de yuans em 2014 para criar uma fábrica automatizada, atingindo uma produção anual de 1 GWh. Entre 2016 e 2017, novos investimentos elevaram sua capacidade para 9 GWh e as vendas para 6 bilhões de yuans. Já a E-Power destinou 200 milhões de yuans à aqui-

sição de equipamentos, principalmente importados do Japão, focando tanto na produção quanto em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Outras empresas, como Desay Blue Micro New Energy e Kedali, também apostaram na automação. A Desay investiu 100 milhões de yuans em linhas automáticas de BMS (sistemas de gerenciamento de baterias), enquanto a Kedali opera três linhas de produção de BMS e cinco linhas automáticas para montagem de pacotes de baterias, utilizando equipamentos importados do Japão, Coreia do Sul e Alemanha. Destaca-se, ainda, a estratégia da Kedali de garantir antecipadamente toda a produção de prensas de alta velocidade de fornecedores japoneses, monopolizando a demanda de mercado.

As empresas de Huizhou implementam práticas contínuas de otimização da produção, com foco na melhoria da qualidade e no controle rigoroso dos custos. Na fabricação de baterias, a qualidade é definida principalmente pela homogeneidade entre as células, o que exige processos produtivos estáveis e padronizados. Após a montagem das linhas de produção, esforços adicionais são direcionados para aumentar a eficiência operacional e adaptar os produtos às necessidades dos clientes. Um exemplo desse compromisso é a parceria da EVE com especialistas da Panasonic, que colaboraram no desenvolvimento do design dos produtos e das linhas de produção. Os programas internos de qualidade total enfatizam inspeções rigorosas e elevadas taxas de conformidade com os padrões estabelecidos. A busca por qualidade também envolve ajustes constantes no peso, volume e densidade energética dos módulos, fatores que contribuem para a redução dos custos. Além disso, a adoção de automação — substituindo tarefas manuais por máquinas — tem sido fundamental para controlar despesas e aumentar a produtividade. O efeito da curva de aprendizado, caracterizado pela redução dos custos à medida que a experiência produtiva se acumula, reforça ainda mais a competitividade das empresas locais.

Por que a competência de fabricação é "central"

A capacidade de produção em larga escala de baterias de alta qualidade, conforme descrito anteriormente, representa a principal competência dos fabricantes chineses. Segundo Prahalad e Hamel (1990), uma competência central deve gerar benefícios significativos para o produto final, permitir o acesso a diversos segmentos de mercado e dificultar a imitação por con-

correntes. A capacidade de produção em massa dos fabricantes chineses de baterias atende a todos esses critérios, nesta fase.

As baterias representam cerca de 35% do custo de um veículo elétrico (EV), o que leva os clientes a exigirem produtos confiáveis e duráveis. A padronização da produção em larga escala permite fornecer células, módulos, pacotes, sistemas de gerenciamento de bateria (BMS) integrados e sistemas de controle térmico com maior estabilidade e qualidade, agregando valor significativo aos fabricantes de EVs. Além disso, a elevada capacidade produtiva, aliada à modularização e ao uso de baterias de fosfato de ferro-lítio (LFP), reforça a competitividade das empresas chinesas em termos de custo. Inovações incrementais, como o *design cell-to-pack*, aumentam a densidade energética das baterias e aprimoram a qualidade do produto final.

Em segundo lugar, a capacidade de fabricação em massa de baterias de íons de lítio, abrangendo uma ampla gama de especificações, amplia significativamente suas possibilidades de aplicação para além do setor automotivo. Essas baterias são empregadas em redes inteligentes, sistemas de transporte urbano, painéis solares e soluções de armazenamento de energia móvel. No próprio segmento de veículos elétricos, elas são utilizadas em ônibus, caminhões e bondes urbanos. A trajetória da BYD ilustra bem essa diversificação: antes de ingressar na indústria de carros elétricos de passeio, a empresa fornecia baterias de lítio e acessórios metálicos para grandes marcas de eletrônicos de consumo, fabricantes de computadores e celulares, como a Foxconn. Em 2003, ao adquirir uma fabricante nacional de automóveis, a BYD passou a produzir carros elétricos, consolidando sua competência central em baterias (Zhao, 2022). Atualmente, a empresa também atua nos segmentos de painéis solares, LEDs e sistemas de armazenamento de energia, que já representam cerca de 20% de sua receita total. Outro exemplo é a EVE, que diversificou sua atuação ao produzir sistemas de armazenamento de energia, incluindo painéis solares, bancos de energia e fontes de energia emergencial, reforçando a importância da flexibilidade tecnológica e da capacidade de adaptação das empresas do setor.

Por fim, a principal competência das empresas chinesas de baterias está menos relacionada à inovação radical em produtos e mais ao domínio dos processos produtivos em larga escala. Essa especialização cria barreiras significativas à entrada de concorrentes, pois exige investimentos elevados em equipamentos automatizados e tecnologia de ponta para produção, controle e testes. Embora a tecnologia das baterias de íons de

lítio seja amplamente conhecida e não represente uma ruptura recente, o diferencial competitivo das empresas chinesas reside na capacidade de fabricar, com eficiência e variedade, grandes volumes de unidades de alta capacidade energética. Atualmente, não há diferenças substanciais no design das células entre os principais fabricantes, o que reforça que a competição se dá principalmente pela excelência operacional e pela escala produtiva. As empresas chinesas consolidaram ativos essenciais ao investir intensivamente em capital e tecnologia em um curto espaço de tempo. A adoção de equipamentos industriais avançados, muitas vezes importados de países líderes em automação, não só modernizou as plantas fabris, como também acelerou o aprendizado prático e a consolidação de competências técnicas, posicionando a China como referência global na fabricação de baterias para veículos elétricos.

O programa "*Made in China* 2025", voltado à modernização industrial chinesa, impulsionou fortemente a automação digital na produção de baterias. Nas empresas do setor, a automação foi adotada principalmente para elevar os padrões de qualidade, por meio da implementação de linhas de produção inteligentes, sistemas de monitoramento em tempo real e controle automatizado de processos. Essa modernização tecnológica se soma às competências desenvolvidas em engenharia de produção, integração de sistemas e gestão da qualidade, fortalecidas por políticas públicas favoráveis, infraestrutura avançada e facilidade de acesso a insumos e serviços especializados. A experiência acumulada pelas empresas, aliada ao ambiente especializado do *cluster*, torna o modelo industrial chinês altamente eficiente e difícil de ser reproduzido em outros países.

Aprendizado tecnológico: o mecanismo da competência central

O desenvolvimento da produção em massa consolidou-se como a principal competência dos fabricantes chineses de baterias, permitindo não apenas ampliar significativamente a capacidade produtiva, mas também impulsionar avanços tecnológicos. Segundo Ehsani, Mehrmanesh e Mohammadi (2023), essa evolução resultou na construção de uma competência tecnológica específica, fundamentada em processos contínuos de aprendizagem. Tal competência foi desenvolvida por meio de mecanismos de "aprendizagem tecnológica", que, de modo geral, envolvem os seguintes aspectos:

- A forma como as empresas adquirem conhecimento externo;
- Os mecanismos de gestão e difusão desse conhecimento dentro da organização;
- A transformação do conhecimento proveniente de fornecedores e clientes em novas competências (Arvanitis e Villavicencio, 2000).

A competência tecnológica, segundo Arvanitis, Villavicencio e Zhao (2014), resulta de um processo coletivo que envolve a busca, implementação, exploração e desenvolvimento de novas tecnologias. Esse processo é, essencialmente, um aprendizado tecnológico contínuo. Prahalad e Hamel (1990) complementam essa visão ao afirmar que as competências centrais de uma organização são construídas por meio do aprendizado coletivo, desenvolvido de forma incremental e sistemática, e não apenas pela ampliação da capacidade produtiva.

Existem diversas abordagens para a aprendizagem tecnológica. No caso dos fabricantes chineses de baterias, destaca-se um modelo centrado nas práticas de manufatura no chão de fábrica. Esse modelo se baseia em três mecanismos principais: **aprender fazendo** (por meio da experiência prática na produção), **aprender usando** (aperfeiçoando processos a partir do uso dos produtos) e **aprender por interação (**colaborando com fornecedores, clientes e parceiros). Essa abordagem é conhecida na literatura de sistemas de inovação como o modo DUI — *doing, using, interacting* (Parrillia e Herasb, 2016).

Aprender usando

A primeira abordagem adotada pelos fabricantes chineses de baterias foi o "aprender usando", ou seja, aprimorar processos a partir da experiência prática com o uso dos produtos. Nesse contexto, o principal desafio tecnológico enfrentado na produção em massa de baterias não estava na reformulação da química das células, mas sim na necessidade de ampliar significativamente o número e a complexidade dos pacotes de baterias.

As baterias de íons de lítio foram comercializadas pela primeira vez pela Sony em 1991, inicialmente para eletrônicos de consumo. Embora compartilhem uma estrutura básica composta por eletrodos e eletrólito, diferem significativamente das baterias alcalinas em termos de química e de-

sempenho. As baterias de íons de lítio destacam-se por serem mais leves e apresentarem maior densidade energética, ou seja, conseguem armazenar mais energia em um volume menor. Essa característica é fundamental para aplicações em veículos elétricos, que exigem baterias compactas e potentes para garantir autonomia adequada. Por isso, as baterias de íons de lítio rapidamente passaram a dominar o mercado de EVs, substituindo outras tecnologias menos eficientes (Cooper e Berger, 2005).

Nos estágios iniciais da produção em larga escala de baterias de íons de lítio, diversas limitações se impunham ao setor. A necessidade de proximidade entre as fábricas e os OEMs era motivada pelos elevados custos logísticos e pelas taxas alfandegárias, que dificultavam o transporte eficiente das baterias. Ademais, a baixa padronização dos processos de fabricação resultava em instabilidade na qualidade das células e dos pacotes, especialmente nos formatos bolsa e cilíndrico, que demandam maior precisão para garantir desempenho homogêneo.

A etapa mais complexa do processo de fabricação de baterias para EVs está relacionada à montagem e integração dos componentes. Inicialmente, células unitárias de íons de lítio são agrupadas em pequenos módulos, que podem ser conectados em série para aumentar a tensão total do sistema, ou em paralelo para ampliar a capacidade de armazenamento de energia. Esses módulos são então interligados para formar o sistema completo de bateria, que é integrado a um sistema de gerenciamento de bateria (BMS). O BMS monitora parâmetros críticos, como tensão, temperatura e pressão, garantindo o funcionamento seguro e eficiente do conjunto. Esse sistema integrado, composto pelos módulos e pelo BMS, resulta no chamado "pacote de baterias", pronto para ser instalado em um veículo elétrico.

Durante todo o processo de fabricação de baterias, garantir a homogeneidade entre as células é um desafio fundamental. Basta que uma única célula apresente desempenho inferior para comprometer o funcionamento de toda a bateria, podendo causar desde a redução da autonomia até falhas graves, como superaquecimento ou necessidade de descarte do módulo. Por esse motivo, o processo produtivo exige níveis de estabilidade e consistência muito superiores aos aplicados na fabricação de baterias menores para produtos de tecnologia, como *smartphones* ou *laptops*.

Os fabricantes chineses de baterias enfrentaram o desafio de migrar para uma produção padronizada e em larga escala de baterias de grande porte. Para superar essa barreira, investiram fortemente em automação industrial

e na aquisição de equipamentos de alta tecnologia. Esses investimentos foram direcionados principalmente para as etapas mecânicas do processo de produção de células, como soldagem, montagem e inspeção, além do aprimoramento do manuseio de materiais por meio de sistemas automatizados.

Nas fábricas, procedimentos padrão, como o uso de máquinas de solda ultrassônica para conectar componentes de baterias, foram automatizados para garantir maior precisão e qualidade. A Battery NM, por exemplo, investiu 10 milhões de yuans em equipamentos automáticos importados do Japão, visando reduzir operações manuais e aumentar a padronização e estabilidade dos processos. O sucesso dessa iniciativa levou à aquisição de equipamentos adicionais da Alemanha e de outros países. Para automatizar completamente a linha de produção, a empresa implementou sistemas de transporte e armazenagem tridimensional, eliminando gargalos e melhorando a eficiência operacional. Esse movimento de integração tecnológica internacional é seguido por diversos fabricantes chineses de baterias, que acumulam experiência em engenharia e automação, consolidando a padronização dos processos e elevando a competitividade do setor.

Paralelamente à importação de equipamentos, as empresas chinesas do setor de baterias investiram fortemente na adoção de sistemas avançados de manufatura, alinhados aos princípios da Indústria 4.0, com o uso de tecnologias digitais como big data e Internet das Coisas Industrial (IIoT). Essa modernização foi incentivada por políticas públicas nacionais e locais, que apoiaram a atualização tecnológica do setor. A BYD, por exemplo, automatizou completamente as etapas iniciais de produção ao importar equipamentos especializados do Japão e da Coreia do Sul, como alimentadores, máquinas de selagem e de enrolamento, resultando em maior eficiência e padronização dos processos. Entre 2008 e 2016, a EVE realizou três grandes programas de transformação tecnológica, automatizando sua linha de produção de baterias de íons de lítio para veículos elétricos e atingindo o padrão da Indústria 4.0. Os investimentos foram direcionados principalmente para bens de capital, como máquinas e sistemas automatizados, essenciais para a modernização das operações.

O aprendizado prático proporcionado pelo uso de equipamentos avançados permitiu aos fabricantes chineses de baterias não apenas adaptar máquinas importadas, mas também desenvolver soluções próprias, especialmente para processos customizados. Um exemplo é a BYD, que estabeleceu uma fábrica dedicada ao desenvolvimento de equipamentos para as etapas

finais de montagem dos pacotes de baterias. Da mesma forma, a EVE investiu no desenvolvimento interno de sistemas automatizados, culminando, em 2015, na criação da primeira linha de produção automática para baterias cilíndricas. Esse projeto resultou no depósito de 20 patentes (sete de invenção e 13 de modelo de utilidade, das quais sete foram concedidas), evidenciando o avanço tecnológico da empresa. A automação trouxe impactos significativos: duplicou a capacidade produtiva, reduziu a necessidade de mão de obra em 80 funcionários, elevou a taxa de qualificação dos produtos de 89,8% para 92% e diminuiu os custos de fabricação em 21,76%. Em julho de 2023, empresas chinesas como Gotion, BYD e CATL figuravam entre as dez maiores solicitantes de patentes em tecnologia de baterias de íons de lítio, ao lado de líderes internacionais como Samsung SDI, LG Chemistry e Robert Bosch, o que reforça a competitividade global do setor.

Aprender fazendo

A segunda abordagem de aprendizagem tecnológica dos fabricantes chineses de baterias é o "aprender fazendo", ou seja, o desenvolvimento de competências por meio da experiência prática na produção. Esse processo envolve a experimentação direta no chão de fábrica, permitindo ajustes contínuos e melhorias incrementais nos produtos e processos. Historicamente, a trajetória tecnológica das células de bateria de íons de lítio tem origem na ciência, conforme apontam Tidd e Bessant (2001), e foi impulsionada inicialmente pela indústria japonesa, que desenvolveu as primeiras alternativas viáveis às baterias de chumbo-ácido no final da década de 1980.

O desenvolvimento de uma célula de bateria exige a integração de conhecimentos em química, eletroquímica, materiais, eletrônica, eletricidade e mecânica. O projeto envolve, simultaneamente, a seleção e o processamento de materiais, a aplicação de técnicas de engenharia mecânica e a implementação de sistemas digitais para o gerenciamento eficiente das baterias.

Diversas tecnologias alternativas de armazenamento de energia para veículos elétricos estão atualmente em desenvolvimento, sendo alvo de pesquisa e desenvolvimento por empresas líderes globais. Entre essas alternativas, destacam-se as baterias de estado sólido, as células a combustível de hidrogênio, as baterias de fluxo (como as de zinco) e outras químicas inovadoras. No entanto, a eletroquímica das baterias de íons de lítio consolidou uma vantagem significativa para os fabricantes do Leste Asiático, especialmente os chineses. Esses fabricantes investiram rapidamente e de forma

substancial em capacidade produtiva, o que lhes proporcionou vantagens competitivas relevantes, principalmente devido às economias de escala e ao aprendizado prático acumulado. Embora as baterias de íons de lítio predominem na indústria de veículos elétricos, existem diferentes variantes químicas dentro dessa família, como NCA (níquel-cobalto-alumínio), NMC (níquel-manganês-cobalto), LMO (óxido de manganês e lítio), LFP (fosfato de ferro-lítio), LTO (titânio-lítio) e LCO (óxido de cobalto-lítio). Cada uma dessas variantes apresenta características específicas em termos de densidade energética, segurança e confiabilidade, o que influencia sua aplicação em diferentes tipos de veículos e cenários de uso.

A adoção das baterias de íons de lítio como tecnologia predominante na China foi fortemente influenciada pelo perfil dos fabricantes de veículos elétricos. Empresas recém-chegadas ao setor, especialmente aquelas oriundas do segmento de tecnologia da informação (TI), tendem a focar em veículos elétricos totalmente movidos a bateria. Por outro lado, os OEMs, com longa trajetória na indústria automotiva, geralmente preferem desenvolver veículos elétricos híbridos.

A legislação chinesa estabelece que veículos elétricos híbridos *plug-in* devem possuir baterias capazes de garantir, de forma independente, uma autonomia mínima de 50 km. Nos veículos equipados com célula de combustível, o sistema de propulsão é necessariamente complementado por uma bateria, que atua tanto no armazenamento quanto no fornecimento de energia para o motor elétrico. Nos últimos anos, os veículos totalmente elétricos a bateria (BEVs) tornaram-se o segmento dominante do mercado chinês, impulsionados por políticas de subsídios governamentais que estimularam sua adoção em larga escala.

Todas essas escolhas tecnológicas criaram uma demanda crescente por baterias de íons de lítio, impulsionando o desenvolvimento da indústria de baterias para veículos elétricos. Inicialmente, as empresas chinesas priorizaram células do tipo NMC (níquel, manganês e cobalto), que oferecem maior densidade energética, porém apresentam custos elevados devido ao uso de metais preciosos. Com o aprimoramento dos materiais e o ajuste das proporções químicas, muitas empresas passaram a adotar células LFP (fosfato de ferro e lítio), que, além de serem mais acessíveis, oferecem maior estabilidade térmica e ciclo de vida prolongado, embora tenham densidade energética inferior. Essa transição permitiu uma significativa redução de

custos e, em 2021, a instalação de baterias LFP superou a de NMC na China, consolidando uma nova tendência no setor.

Com a predominância das baterias de íons de lítio, surgem novas oportunidades tecnológicas para a fabricação em larga escala de baterias de alta qualidade. No entanto, esse processo apresenta desafios importantes, como a necessidade de estabilizar a qualidade, garantir a confiabilidade do desempenho e manter a consistência entre as células durante a produção em massa. Grande parte das tecnologias envolvidas depende do *know-how* dos profissionais, de habilidades práticas e de conhecimento tácito acumulado nas empresas, que geralmente não são protegidos por patentes ou outras formas legais de propriedade intelectual.

O conhecimento essencial para a fabricação de baterias está diretamente ligado às atividades produtivas, como engenharia de produto e processo, operação e manutenção de equipamentos, organização do fluxo de trabalho, testes, montagem, controle de qualidade e aquisição de componentes. O aprimoramento desses processos ocorre, principalmente, pela integração gradual do conhecimento prático adquirido no chão de fábrica, o que permite melhorias contínuas em componentes, máquinas e na montagem dos pacotes de baterias. Assim, a melhor forma de assimilar esse conhecimento implícito é vivenciar todas as etapas da produção, aprendendo por meio da experiência prática, da experimentação e da análise dos resultados obtidos — processo conhecido como "aprender fazendo".

O crescimento acelerado das empresas chinesas de baterias tem sido acompanhado por uma intensa dinâmica de aprendizado tecnológico, impulsionada pela expansão da capacidade produtiva, realocação de fábricas e adoção de novos equipamentos. No caso da EVE, a automação das linhas de montagem permitiu à empresa adquirir conhecimento técnico valioso, especialmente na definição de parâmetros para operações em larga escala. Já a E-Power, ao utilizar predominantemente equipamentos nacionais para corte e soldagem, enfrentou desafios para automatizar completamente a produção de células tipo bolsa, o que manteve a dependência de processos manuais, apesar do projeto fabril voltado à montagem em série. Por sua vez, a Yinghe Technology investiu em braços robóticos importados do Japão para automatizar parte do processamento de peças de precisão, representando entre 10% e 20% do investimento total em equipamentos. Contudo, devido à customização dos equipamentos para clientes e à baixa padronização interna, a automação geral permaneceu limitada, exigindo

forte investimento em treinamento da força de trabalho. Em 2016, a empresa fundou sua própria universidade corporativa, composta por escolas técnicas e profissionais, para desenvolver competências específicas. Quanto à Kedali, sua principal expertise técnica deriva da indústria de moldes, área em que se originou em 2009. Mesmo após migrar para a produção de peças de precisão para baterias de veículos elétricos, a empresa manteve o desenvolvimento de moldes como atividade central, evidenciando a importância do conhecimento acumulado por profissionais especializados.

Embora a China nunca tenha realizado um avanço tecnológico de caráter mundial em *design* de células de íons de lítio ou inovação de materiais, o acúmulo de experiência em fabricação e o compartilhamento de melhores práticas em engenharia, projeto e distribuição criaram um efeito significativo de "curva de aprendizado", levando à redução de preços distribuída pelo volume total de baterias implantadas no mercado. Estima-se que houve uma redução de custo de 18% a cada duplicação da capacidade de produção de baterias (Ezell, 2024).

Outro efeito observado foi o aumento da eficiência operacional. Após a produção das baterias, realiza-se o processo de despolarização estática, que consiste em testar a autodescarga para identificar possíveis células defeituosas. Tradicionalmente, esse procedimento levava cerca de dez dias. No entanto, alguns fabricantes chineses conseguiram reduzir esse tempo para seis dias, graças à otimização dos métodos de trabalho e à implantação de centros de teste em larga escala. Esses centros contam com canais automatizados de carga e descarga, capazes de testar simultaneamente mais de mil baterias, acelerando significativamente o controle de qualidade e a liberação dos produtos para o mercado.

É importante distinguir, na teoria econômica, os efeitos das economias de escala e da curva de aprendizado, embora na prática ambos frequentemente se sobreponham. As economias de escala referem-se à redução dos custos unitários à medida que a produção se expande, sendo especialmente relevantes em setores que demandam grandes investimentos em infraestrutura e equipamentos. Já os ganhos provenientes da curva de aprendizado decorrem do aumento da eficiência operacional, resultado da padronização dos processos, especialização da mão de obra, aprimoramento de métodos de trabalho, uso mais eficiente de ferramentas e insumos, além do compartilhamento de experiências entre diferentes linhas de produtos (Bulman, Shih e Dallas, 2022).

Aprender por interação

A produção em massa de baterias para veículos elétricos de alta performance exige, além de domínio técnico, uma busca constante por conhecimento tecnológico e o estabelecimento de parcerias estratégicas com diversos atores do ecossistema industrial, como fornecedores de componentes, clientes automotivos, distribuidores, centros técnicos e institutos de pesquisa. Nesse contexto, destaca-se o "aprender por interação" como uma das principais formas de aquisição de competências pelas empresas locais. Esse processo envolve a troca de experiências com o mercado, a realização de projetos colaborativos com parceiros, e o monitoramento contínuo das cadeias de suprimentos.

Os fabricantes chineses de baterias têm aprimorado continuamente seus processos produtivos para atender às exigências dos principais OEMs globais. Esse alinhamento envolve ajustes constantes na química das células e na estrutura das baterias, visando atingir padrões internacionais de qualidade. Um exemplo é a EVE, que, ao se tornar fornecedora potencial da BMW, enfrentou rigorosos requisitos técnicos e de qualidade para a instalação de baterias em modelos específicos. Da mesma forma, a Battery NM, ao negociar com a CATL, iniciou o processo por meio do envio de amostras para teste, seguido por auditorias conjuntas e comunicação regular entre as equipes técnicas, garantindo conformidade e melhoria contínua. No caso da Desay Blue Micro New Energy, a colaboração com a Samsung SDI envolveu o desenvolvimento conjunto de um plano de P&D e a adoção de métodos experimentais para criar um sistema de gerenciamento de baterias (BMS) personalizado, atendendo às demandas específicas da Volkswagen. Já a E-Power, focada em baterias do tipo bolsa para transporte público, implementou acordos de pós-venda, equipes dedicadas de manutenção e sistemas de alarme em cada bateria, permitindo o monitoramento em tempo real e o recebimento de feedback dos usuários finais.

Os fabricantes de baterias têm aprimorado continuamente seus conhecimentos técnicos por meio de alianças estratégicas e parcerias com montadoras de automóveis e fornecedores de componentes essenciais. Um exemplo notável é a BYD, que anualmente convida especialistas japoneses para ministrar treinamentos sobre tecnologias de carros leves e eletrônica avançada. Esses eventos, que abordam temas como IME (*in-mold electronics*), são fundamentais para o desenvolvimento de soluções inovadoras em baterias e sistemas eletrônicos automotivos.

Em 2010, a BYD firmou uma *joint venture* em parceria igualitária (50/50) com a Daimler AG, visando o desenvolvimento conjunto de veículos elétricos. Nessa colaboração, a BYD ficou encarregada do fornecimento de baterias, motores elétricos e sistemas de controle eletrônico, enquanto a Daimler AG assumiu a responsabilidade pelo design completo do veículo, incluindo os moldes e os sistemas de segurança. Essa divisão de tarefas refletiu não apenas as competências centrais de cada empresa, mas também o interesse estratégico da BYD em adquirir expertise nas áreas de design automotivo e segurança veicular, tradicionalmente dominadas pela Daimler.

A cadeia de valor das baterias para veículos elétricos envolve diversos produtores especializados, desde fornecedores de matérias-primas e componentes até fabricantes de sistemas de gerenciamento, células, módulos e conjuntos de baterias. Quando essas empresas estão reunidas em um *cluster* industrial integrado, a cooperação entre os diferentes elos da cadeia — tanto a montante quanto a jusante — torna-se mais eficiente. Esse ambiente favorece o aprendizado coletivo e facilita a troca de conhecimento e experiência entre os participantes, promovendo a inovação e o aprimoramento tecnológico no setor.

Trajetória tecnológica de fabricação de baterias para veículos elétricos

Os processos de aprendizagem tecnológica das empresas chinesas refletem diretamente a evolução das baterias de íons de lítio para veículos elétricos. Nesse contexto, os fabricantes de células e pacotes de baterias ocupam posição estratégica na cadeia de valor, atuando como integradores de sistemas. Ao fornecer soluções completas para montadoras, esses fabricantes colaboram intensamente com parceiros técnicos e fornecedores especializados — desde matérias-primas até componentes eletrônicos e sistemas de *software* —, o que potencializa a inovação e a competitividade do setor.

Devido à natureza eletroquímica das baterias para veículos elétricos, a inovação de produto e de processo são profundamente interligadas e não podem ser dissociadas. Na prática, a inovação de processo ocorre de forma incremental, sendo incorporada às principais etapas da fabricação, como o desenvolvimento de projetos, testes, engenharia e controle de qualidade. Por exemplo, avanços em automação industrial, implementação de sistemas digitais de monitoramento e aprimoramento dos métodos de inspeção contribuem para elevar os padrões técnicos exigidos por equipamentos e insumos.

Além do apoio de parceiros externos, o avanço tecnológico dos fabricantes de baterias depende fundamentalmente do *know-how* interno, acumulado ao longo dos processos de engenharia e da produção em larga escala. Quando a produção atinge uma escala significativa e se estabiliza, estabelece-se um ciclo contínuo de *feedback* técnico entre os clientes e as equipes de desenvolvimento de produto. Esse ciclo envolve não apenas a coleta de informações sobre o desempenho e as necessidades dos usuários, mas também a realização de testes e ajustes de engenharia, promovendo a melhoria contínua dos produtos. Assim, as demandas dos principais clientes tornam-se fonte de inspiração para o desenvolvimento de novas tecnologias, permitindo que as empresas antecipem e atendam de forma mais eficiente às exigências do mercado.

A base tecnológica da vantagem competitiva das empresas chinesas produtoras de baterias reside no aprendizado tecnológico desenvolvido diretamente no chão de fábrica, especialmente durante o período de rápida expansão da produção em massa. Sob uma perspectiva macro do setor de baterias para veículos elétricos, observa-se que a inovação ocorre predominantemente nos processos produtivos, e não tanto no desenvolvimento de novos produtos.

Tradicionalmente, os fornecedores chineses destacaram-se pela capacidade de produzir peças e componentes com qualidade e eficiência, atendendo inicialmente empresas multinacionais estrangeiras. Com o tempo, esses fornecedores passaram a integrar cadeias de suprimentos cada vez mais sofisticadas, acompanhando a evolução tecnológica do setor automotivo (Herrigel, Wittke e Voskamp, 2013). A transição para veículos elétricos representa uma ruptura significativa: enquanto a indústria automotiva tradicional era centrada em motores a combustão e sistemas mecânicos complexos, a eletrificação do *powertrain* trouxe a eletroquímica das baterias para o centro da inovação. Esse campo multidisciplinar — que envolve química, eletrônica, materiais e mecânica — não fazia parte do núcleo tecnológico das antigas cadeias de suprimentos automotivas.

Embora a bateria para veículos elétricos exigida pelos OEMs chineses e estrangeiros não represente uma inovação radical em termos tecnológicos — já que a tecnologia de íons de lítio era conhecida —, seu uso no setor automotivo emergiu como uma grande oportunidade de negócios. Os fabricantes chineses souberam rapidamente capitalizar essa oportunidade, adaptando e expandindo suas capacidades de fabricação em massa para

atender à nova demanda. Nesse contexto, a fabricação em larga escala e o aprendizado tecnológico prático tornaram-se elementos indissociáveis e centrais para a vantagem competitiva dessas empresas.

Após consolidarem a capacidade de produção em massa e atingirem padrões tecnológicos avançados, as empresas chinesas passaram a direcionar mais recursos para o desenvolvimento de novos produtos e componentes inovadores. Entre as principais iniciativas, destacam-se pesquisas em materiais de ânodo de silício-carbono, cátodos com alto teor de níquel, equipamentos para revestimento de baterias, projetos avançados de células para pacotes e o desenvolvimento de baterias de estado sólido. Esses esforços refletem a busca por maior eficiência energética, segurança e desempenho dos sistemas de armazenamento. Paralelamente, muitas empresas intensificaram a cooperação com institutos de pesquisa e universidades, visando acelerar avanços tecnológicos mais radicais.

Por exemplo, a E-Power estabeleceu uma parceria com a Universidade Politécnica de Pequim para pesquisar a otimização de materiais de ânodo e o desenvolvimento de separadores cerâmicos, visando substituir materiais importados de alto custo. Além disso, a empresa desenvolveu uma tecnologia inovadora de resfriamento líquido ativo, capaz de dissipar o calor de forma mais eficiente nos pacotes de baterias.

Discussão e implicações: o futuro dos setores de baterias para veículos elétricos e automotivo

A análise apresentada sobre a natureza e as origens da competência central das empresas chinesas produtoras de baterias — conforme ilustrado na Figura 1, que sintetiza os principais fatores competitivos do setor — permite compreender questões-chave da eletrificação da indústria automotiva, tanto na China quanto globalmente. Em especial, observa-se que as estratégias de integração vertical e de especialização adotadas pelos fabricantes de baterias estão diretamente relacionadas ao desenvolvimento e consolidação dessas competências centrais.

A ascensão dos fabricantes chineses de baterias está promovendo uma profunda reconfiguração na cadeia de valor automotiva, deslocando o protagonismo das tradicionais montadoras para empresas especializadas em tecnologia de armazenamento de energia. Essa competência central, fundamentada na produção em massa e na integração vertical da cadeia de

suprimentos, proporciona vantagens competitivas como redução de custos, aceleração da inovação e fortalecimento da posição chinesa no mercado global de veículos elétricos.

Figura 1 – Raízes da vantagem competitiva dos fabricantes chineses de baterias para veículos elétricos

Fonte: Elaboração própria.

Implicações para os fabricantes de baterias

As empresas chinesas fabricantes de baterias para veículos elétricos fortalecem suas competências centrais por meio de duas estratégias principais: integração vertical e especialização por segmento. A integração vertical, adotada por grandes fabricantes como BYD, EVE, Sunwoda e Haopeng Technology, envolve o controle de múltiplas etapas da cadeia produtiva — desde matérias-primas até a montagem final dos pacotes de baterias. Já a especialização por segmento é característica de empresas menores, como E-Power e Desay Blue Micro New Energy, e de fornecedores especializados, como Battery NM, Yinghe Technology e Kedali, que focam em nichos específicos da cadeia de valor, aprimorando competências técnicas em produtos ou processos determinados.

A estratégia de integração vertical busca maximizar o controle sobre todas as etapas da cadeia de valor das baterias para veículos elétricos (EVs). Isso

inclui desde as atividades a montante, como mineração, processamento de materiais e fabricação de componentes de células, até a produção de células, módulos e sistemas de gerenciamento de baterias (BMS). Na etapa a jusante, abrange a montagem dos pacotes de baterias e sua aplicação em diversos setores (Xieshu, Zhao e Ruet, 2022). Além disso, alguns fabricantes expandem essa integração para outros componentes elétricos essenciais, como motores e sistemas de controle eletrônico, visando fornecer soluções completas para os fabricantes de veículos (OEMs) ou integrar esses elementos diretamente na produção e montagem dos automóveis elétricos.

Tanto a EVE quanto a Sunwoda têm se destacado por sua *expertise* tecnológica na produção de células para baterias. A EVE, inicialmente, buscou diversificar seus negócios ao tentar ingressar diretamente no setor de aluguel de veículos elétricos. Atualmente, a empresa avalia expandir suas operações para a produção de materiais utilizados nas baterias, fortalecendo sua posição na cadeia de valor. Por sua vez, a Sunwoda atua de forma integrada em toda a cadeia produtiva. Para garantir o suprimento de matérias-primas e componentes de células, firma acordos estratégicos com fornecedores-chave. Além de produzir células, sistemas de gerenciamento de baterias (BMS), pacotes de baterias, motores elétricos e sistemas de controle, a empresa opera diretamente essas atividades. Sunwoda também investe em iniciativas como a fabricação de veículos elétricos, projetos de compartilhamento de carros e transporte público, além de atuar na reciclagem de baterias, seja por meio de investimentos em outras empresas ou contratos de serviços técnicos.

A estratégia de integração vertical da BYD é um exemplo notório. Inicialmente dedicada à produção de baterias, a empresa expandiu sua atuação ao longo da cadeia de valor, fornecendo baterias de íons de lítio e componentes para fabricantes de eletrônicos de consumo. Em 2008, a aquisição da indústria de semicondutores Ningbo Zhongwei, por mais de 200 milhões de yuans, permitiu à BYD incorporar o conhecimento necessário para o desenvolvimento e fabricação de motores elétricos. Atualmente, a BYD opera fábricas próprias que abrangem desde a produção de células, módulos e sistemas de gerenciamento de baterias (BMS), até a montagem de pacotes completos para seus veículos elétricos. Recentemente, a empresa intensificou sua integração a montante, adquirindo empresas produtoras de matérias-primas, componentes de células e peças automotivas. Dessa forma, a BYD limita a terceirização apenas a materiais suplementares, como adesivos para baterias.

A produção em massa padronizada de baterias para veículos elétricos demanda a integração eficiente de células, módulos e sistemas de gerenciamento (BMS), o que só é possível mediante um fornecimento estável e consistente de matérias-primas, componentes e peças especializadas. Para garantir a qualidade e a confiabilidade dos produtos finais, esses insumos devem atender rigorosamente aos requisitos técnicos estabelecidos pelos fabricantes. Além disso, o controle dos custos de aquisição é fundamental, uma vez que os OEMs frequentemente transferem suas pressões por redução de custos para os fornecedores de baterias, exigindo das empresas do setor estratégias contínuas de otimização produtiva e negociação com fornecedores.

O conhecimento tecnológico acumulado durante a produção em massa de baterias permite às empresas compreender profundamente as etapas e os agentes envolvidos tanto a montante quanto a jusante da cadeia de valor. Essa expertise facilita a identificação de oportunidades estratégicas para fusões, aquisições e investimentos, ampliando o controle sobre diferentes segmentos do setor por meio da integração vertical. Um exemplo emblemático é a BYD, frequentemente reconhecida como a empresa de veículos elétricos mais integrada da China. A BYD se posiciona estrategicamente como uma "corporação de energia", diversificando seus negócios para incluir veículos de nova energia, soluções de armazenamento móvel e outros segmentos, sempre fundamentando suas operações na tecnologia de baterias de íons de lítio originalmente desenvolvida para eletrônicos de consumo.

O domínio do processo tecnológico de fabricação padronizada favorece melhorias contínuas em projeto, desenvolvimento de novos produtos e pesquisa e desenvolvimento (P&D). Essas atividades são essenciais para que empresas se diferenciem em nichos de mercado específicos. Em Huizhou, a maioria das empresas locais prefere a especialização por segmento, em vez da verticalização adotada por grandes fabricantes. Essa estratégia é especialmente comum entre empresas de pequeno porte ou que atuam em etapas iniciais da cadeia produtiva. Por exemplo, a Battery NM concentra-se na extração e refino de materiais de ânodo, buscando liderança tecnológica nesse segmento na China. A Desay Blue New Energy, por sua vez, abandonou a montagem de pacotes para focar no desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de baterias (BMS), tornando-se referência nesse nicho. Kedali e Yinghe Technology são exemplos de "campeãs ocultas" — empresas altamente especializadas e líderes em seus mercados, embora pouco conhecidas internacionalmente. Kedali destaca-se como fornecedora de peças es-

truturais de precisão para baterias de lítio e veículos elétricos, enquanto Yinghe Technology desenvolveu sistemas integrados de equipamentos para todas as etapas da fabricação de baterias de íons de lítio.

A E-Power atua no segmento de baterias tipo bolsa, voltadas principalmente para ônibus elétricos e veículos especializados. Sua estratégia de diferenciação consiste em oferecer soluções de engenharia sob medida, desenvolvendo baterias customizadas para veículos elétricos híbridos. Pequenas empresas locais, como a E-Power, utilizam sua experiência acumulada e conhecimento técnico para criar linhas de produtos inovadoras, focadas em qualidade superior e maior valor agregado. Ao investir em inovação e customização, essas empresas fortalecem sua posição em nichos específicos da cadeia de suprimentos. Além de aprimorar a capacidade produtiva existente, elas expandem suas operações para atender à crescente demanda do mercado de veículos elétricos.

Em suma, o desenvolvimento de competências centrais é essencial para o crescimento sustentável das empresas chinesas produtoras de baterias. Segundo Carlsson e Stankiewicz (1991), o grau de integração vertical de uma empresa está mais relacionado ao ritmo de progresso tecnológico do que ao crescimento do mercado. Em ambientes onde há grande densidade de informações, funções e mercados pouco definidos, e baixo nível de padronização ou modularização de componentes, torna-se necessário que as empresas internalizem a produção de seus próprios insumos. Por outro lado, à medida que os produtos e processos produtivos se consolidam e se tornam mais padronizados, surgem fornecedores externos especializados, permitindo que a empresa foque em aspectos estratégicos do produto ou processo.

No curto prazo, a ausência de pressão por lucro máximo — característica de muitas empresas chinesas de baterias, frequentemente apoiadas por políticas públicas ou com participação estatal — favorece a expansão dessas empresas por diversos segmentos da cadeia de valor. Assim, a tendência de verticalização deve se manter, com grandes fabricantes buscando ampliar seu controle tanto sobre as etapas iniciais (a montante, como mineração e processamento de materiais) quanto sobre as finais (a jusante, como montagem de pacotes e aplicações em veículos elétricos). Entretanto, a longo prazo, é possível que essas empresas precisem reorientar suas estratégias, concentrando-se novamente em suas competências centrais originais, especialmente no projeto e na fabricação de células.

Originalmente dedicada à fabricação de baterias para eletrônicos de consumo, a BYD tem demonstrado uma "reorientação" estratégica, focando cada vez mais em sua competência central: a tecnologia de baterias. Atualmente, a empresa se posiciona como uma "corporação de energia", ampliando sua atuação para além dos veículos elétricos e fornecendo baterias para outros OEMs desde 2018, em vez de restringir sua produção ao uso próprio. Essa mudança reflete o entendimento da BYD de que sua principal vantagem competitiva reside no domínio da tecnologia de baterias, e não necessariamente na fabricação de veículos. Ao expandir sua atuação como fornecedora para terceiros, a empresa fortalece sua posição no mercado global de baterias e contribui para a consolidação do setor, tornando-o mais concentrado e competitivo. Por exemplo, a participação da BYD no fornecimento de baterias para grandes montadoras internacionais tem crescido significativamente nos últimos anos, evidenciando o sucesso da estratégia de diversificação. Mesmo diante de limitações financeiras para atuar em todos os segmentos da cadeia produtiva, grandes empresas como a BYD tendem a investir cada vez mais em pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Implicações para os fabricantes de automóveis

O conceito de competência central é fundamental para os fabricantes de automóveis, especialmente no contexto da transição dos motores de combustão interna (ICE) para veículos elétricos. Tradicionalmente, a cadeia de valor do setor automotivo é composta por diversos segmentos, como produção de materiais e peças, fornecedores de nível 1, OEMs, concessionárias, distribuição, serviço pós-venda e utilização.

Tradicionalmente, as redes globais de produção de automóveis com motores a combustão interna (ICE) eram organizadas de forma hierárquica, sob o domínio de grandes fabricantes multinacionais europeus, americanos e japoneses — estrutura conhecida como "modelo Toyota", caracterizada por pirâmides de fornecedores e forte centralização do poder nas montadoras. Com o advento dos veículos elétricos, aliado à eletrificação, digitalização, inteligência artificial e conectividade (como veículos conectados à internet e sistemas inteligentes de bordo), esse modelo vertical foi fragmentado. O setor automotivo passou a se dividir em diversos subsetores especializados, cada um com sua própria cadeia de valor e dinâmica de inovação: fabricação de baterias, desenvolvimento de sistemas de propulsão elétrica, *software* automotivo, semicondutores, montagem de veículos elétricos, manufa-

tura digital, serviços de mobilidade inteligente, entre outros. Dessa forma, a cadeia de suprimentos global deixou de ser estritamente hierárquica e tornou-se multidimensional, com centros de inovação distribuídos e diferentes atores industriais controlando segmentos específicos. Nesse novo cenário, os fabricantes tradicionais de automóveis perderam o protagonismo absoluto, dando espaço para empresas especializadas e novos líderes em cada etapa da cadeia (Lüthje, Wu e Zhao, 2023).

Entre as indústrias especializadas, o setor de baterias para veículos elétricos destaca-se como o mais desenvolvido, apresentando uma cadeia de valor completa — desde a extração de matérias-primas até a reciclagem dos produtos finais. Cada etapa, como a produção de células, sistemas de gerenciamento (BMS), montagem de pacotes e aplicações, tende a formar ecossistemas industriais próprios. As baterias assumem papel central na estrutura de custos dos automóveis elétricos, representando sua maior parcela. Por isso, dominar o mercado automotivo implica controlar a cadeia de valor das baterias (Alochet, MacDuffie e Midler, 2023). Nesse contexto, fabricantes chineses de baterias vêm reorganizando a hierarquia de poder nas redes globais de produção automotiva, invertendo a lógica tradicional da cadeia de valor. Para as montadoras, isso levanta questões estratégicas: devem investir no desenvolvimento de competências próprias em fabricação de baterias? A expertise em materiais e processos de baterias é tão crucial quanto o domínio do projeto automotivo? Até que ponto é vantajoso integrar-se verticalmente à cadeia de baterias?

Faz sentido que grandes fabricantes de automóveis desenvolvam competências tanto na produção quanto no projeto interno de células de baterias (Donada, 2018). Entretanto, observa-se que, até o momento, a integração dos OEMs nesse segmento permanece limitada. Em geral, as montadoras optam por contratos de longo prazo e em grande escala com fabricantes especializados, visando garantir o fornecimento e evitar riscos de escassez. Além disso, cresce a tendência de criação de *joint ventures* — seja em projetos *greenfield* ou *brownfield* — com fabricantes de baterias, localizando a produção próxima às principais fábricas de veículos. Algumas empresas avançaram ainda mais, internalizando etapas como a fabricação de células e, em certos casos, investindo diretamente em mineração e refino de matérias-primas.

As razões para a integração parcial na indústria de baterias para veículos elétricos estão diretamente relacionadas à competência tecnológica dos fa-

bricantes. Atualmente, a fabricação de baterias tornou-se uma indústria independente, composta por diversos segmentos especializados. No caso do *cluster* de Huizhou, observa-se que a competência central dos fabricantes chineses reside principalmente na química e fabricação das células, bem como na integração de componentes como módulos, sistemas de gerenciamento de baterias (BMS) e sistemas de gerenciamento térmico (TMS) em pacotes completos. Além disso, tecnologias associadas, como sistemas de acionamento elétrico, eletrônica de potência e controles de motores, ampliam o escopo de conhecimento necessário. A produção de baterias exige domínio de materiais eletroquímicos, um campo interdisciplinar e relativamente novo, distinto das tradicionais autopeças para motores a combustão interna (ICE). Outro aspecto fundamental é a habilidade de fabricação em massa e o controle de custos, competências desenvolvidas principalmente por meio da experiência prática no chão de fábrica. Muitos fabricantes de automóveis, ao não conseguirem dominar a produção em larga escala de células e pacotes de baterias, optaram por focar em áreas como BMS, acionamento elétrico ou componentes eletrônicos de potência. Outros limitaram sua atuação à montagem de pacotes de baterias para chassis automotivos. Mesmo essa etapa demanda o desenvolvimento de *softwares* específicos e a aquisição de novas habilidades, como a fabricação de sistemas de controle de baterias, controles térmicos e motores elétricos.

Em setores especializados além da produção de baterias para veículos elétricos, as montadoras devem avaliar quais competências estratégicas desenvolver, considerando as tendências e possíveis configurações futuras tanto do setor automotivo quanto da indústria de baterias.

No setor de baterias, grandes empresas tendem à integração vertical, enquanto fábricas menores se especializam em segmentos específicos. Esse movimento consolida as competências centrais de cada participante. Caso a verticalização avance, as montadoras passarão a negociar com grandes fabricantes de baterias, que adotam a manufatura modular em massa para garantir liderança em capacidade produtiva, prazos e volumes de entrega. Assim, a relação entre OEMs e fornecedores tende a se basear cada vez mais na padronização e modularização dos produtos, substituindo o modelo tradicional de dependência exclusiva ("interação cativa").

Em uma perspectiva ampla, o setor automotivo — especialmente o de veículos elétricos — tende a se fragmentar e especializar, com sua cadeia de valor dividida em segmentos modularizados. Exemplos desses módulos

incluem: pacotes de baterias padronizados, módulos estruturais, sistemas eletrônicos de direção autônoma, entre outros. Cada módulo será produzido por fabricantes especializados de grande porte. Nesse cenário, diferentes agentes industriais assumem papéis específicos: integradores de baterias de marca coordenam a cadeia de valor das baterias; montadoras de automóveis podem atuar como fabricantes contratados; integradores de sistemas de direção concentram-se na eletrônica do trem de força e semicondutores de alto desempenho. O setor de veículos elétricos, portanto, tende a se assemelhar às indústrias eletrônicas e de tecnologia da informação, como a de smartphones, nas quais a modularização dos componentes ocorre por meio de padrões "abertos, porém proprietários". Nesses casos, a inovação em produtos é separada da fabricação, caracterizando o modelo conhecido como wintelismo.

Uma versão "EV do wintelismo" será marcada pela produção em massa de baterias por fabricantes especializados, que atuam como fornecedores centrais de componentes, dominando tanto a tecnologia quanto a manufatura. Esses fabricantes mantêm capacidades robustas de pesquisa e desenvolvimento (P&D), enquanto o setor é complementado pelo surgimento de empresas independentes focadas em trens de força digitais e soluções de *software* (Lüthje, Wu e Zhao, 2023). Esse *cluster* configura um vasto "ecossistema modular massivo" (Thun *et al.*, 2022), no qual os fabricantes de automóveis precisam definir sua posição estratégica — seja como integradores, parceiros ou especialistas em nichos — em contraste com modelos altamente integrados, como os adotados por BYD e Tesla. Mesmo empresas verticalmente integradas, como a BYD, que inicialmente buscaram a autossuficiência total, continuam dependentes de parcerias globais. Isso indica que o setor não tende a retornar ao modelo dos grandes conglomerados autossuficientes do passado. Com o amadurecimento do mercado, é provável que empresas como a BYD passem a focar em segmentos específicos da cadeia de valor dos veículos elétricos.

Implicações para os governos locais

Tendo aproveitado as oportunidades criadas pelo *boom* dos veículos elétricos, as empresas chinesas locais de baterias estão rapidamente dominando a fabricação de baterias de lítio, tornando-se especialistas em componentes ou integradoras de sistemas. A longo prazo, o cenário futuro da reestruturação do setor de veículos elétricos descrito acima demandará dos fabricantes

locais de baterias que mantenham a flexibilidade das opções tecnológicas e a abertura dos ecossistemas industriais. Esse tipo de competência de especialização flexível requer ampla capacidade de P&D, operações de fabricação altamente desenvolvidas e estratégias de coinovação com aplicações a jusante (McDermott e Corredoira, 2009). Ela só pode ser desenvolvida em *clusters* que, com a intervenção de políticas governamentais apropriadas, podem evoluir para ecossistemas industriais.

O caso de Huizhou exemplifica o desenvolvimento de uma cadeia de valor industrial por meio de um *cluster* produtivo local na China. O governo municipal identificou os principais segmentos da cadeia de valor das baterias e implementou parques industriais especializados para cada etapa, como o parque de materiais para baterias e o polo de microeletrônica aplicada ao setor. Além disso, estabeleceu um sistema abrangente de serviços profissionais voltados ao suporte técnico, pesquisa e desenvolvimento, e capacitação de mão de obra para a indústria de baterias veiculares. Diversas políticas e programas específicos foram criados para incentivar a cooperação entre empresas, fomentar o desenvolvimento de novos produtos e promover a manufatura inteligente. Nesse contexto, a BYD destacou-se como integradora de sistemas, articulando-se com fornecedores especializados e ampliando a sinergia entre diferentes elos da cadeia. Os fabricantes de células e pacotes de baterias também intensificaram a colaboração com empresas de equipamentos industriais e de materiais, além de estabelecer parcerias com clientes para o desenvolvimento conjunto de produtos e pesquisas em materiais e sistemas de gerenciamento de baterias (BMS). Esse ambiente colaborativo e de aprendizado tecnológico contínuo resultou em ganhos de eficiência produtiva e no fortalecimento da gestão da qualidade.

Para o futuro, os governos locais devem adotar políticas ecossistêmicas para transformar os *clusters* de baterias em ecossistemas mais avançados de produção e inovação. *Clusters* especializados flexíveis de regiões europeias como Baden-Wuerttemberg ou a "Terceira Itália" propiciam um modelo de referência para fabricantes de baterias de pequeno e médio porte (Piore e Sabel, 1984). Esses *clusters* são caracterizados por uma estrutura industrial diversificada, pequenas e médias empresas especializadas cooperando estreitamente entre si, a ausência de uma competição confrontacional envolvendo preços e custos, um fluxo flexível de talentos, trabalhadores altamente qualificados e um sistema de treinamento adaptável.

A especialização flexível, impulsionada pelas tecnologias IoT e Indústria 4.0, abre novas oportunidades para descentralizar a fabricação de automóveis e adaptar produtos às demandas específicas de mercados locais e comunidades. Para potencializar esse movimento, governos locais devem promover ecossistemas industriais integrados, articulando políticas tecnológicas, industriais, urbanas, trabalhistas e financeiras, além de investir em infraestrutura e capacitação a fim de fortalecer a competitividade dos fabricantes de baterias.

Considerações finais

A China consolidou-se como líder global na indústria de veículos elétricos (EVs), impulsionada pelo rápido desenvolvimento e pela crescente sofisticação de sua indústria de baterias de íons de lítio. O país destaca-se por uma capacidade de produção massiva e por uma cadeia de valor plenamente integrada, que abrange desde os segmentos a montante — como a extração e o processamento de materiais — até a fabricação de células, módulos, sistemas de gerenciamento de baterias (BMS) e pacotes completos. Essa integração permite atender não apenas ao mercado de veículos elétricos, mas também a outras aplicações estratégicas, como sistemas de armazenamento de energia em redes elétricas, iluminação pública eficiente, soluções para energia solar e dispositivos móveis de armazenamento.

Sob a ótica da economia nacional, a China ocupa uma posição estratégica para consolidar sua indústria de armazenamento de energia, tornando-a um setor autônomo capaz de impulsionar áreas como energia renovável, eletrônicos e transporte. Nesse contexto, os fabricantes de baterias e seus fornecedores especializados passaram a formar um segmento independente e altamente qualificado, deslocando o protagonismo dos tradicionais OEMs.

Sob a ótica setorial, a crescente eletrificação dos sistemas de propulsão tem promovido uma profunda reconfiguração da indústria automotiva. Impulsionados por avanços tecnológicos e políticas de incentivo à mobilidade sustentável, os fabricantes de baterias e outros agentes da cadeia de valor dos motores elétricos passaram a ocupar posição central, assumindo o protagonismo em um setor historicamente dominado por grandes montadoras multinacionais. Essa ascensão dos fabricantes de baterias representa, possivelmente, a mais significativa transformação estrutural da indústria automotiva nas últimas décadas.

A vantagem competitiva da cadeia de valor da indústria chinesa de baterias não se baseia apenas na política industrial. Ela está fundamentada, principalmente, na competência das empresas em fabricar em larga escala células, módulos e pacotes de baterias para veículos elétricos, garantindo qualidade estável e promovendo rápida expansão produtiva por meio de investimentos significativos em ativos fixos. Essa competência resulta em maior capacidade instalada e preços competitivos, sendo construída por meio de processos contínuos de aprendizado tecnológico de fabricação.

Durante a produção em massa, as empresas chinesas acumulam conhecimento por meio da experiência, desenvolvendo capacidades a partir do uso de equipamentos avançados, do intercâmbio com clientes e alianças estratégicas, e de monitoramento e gestão das cadeias de suprimentos. Nesse processo, foi construído um sistema sofisticado de fabricação de baterias para EVs, combinando equipamentos modernos, projetos de células, processos de produção, organização do trabalho e habilidades e conhecimentos dos trabalhadores. Em razão disso, a competência central dessas empresas é, também, tecnológica por natureza. Além disso, essa competência é potencializada pela inserção das empresas em *clusters* de baterias locais, apoiados por políticas públicas. Tais *clusters* são marcados por infraestrutura de apoio coordenada por governos locais, e por uma estrutura de cadeia de valor que cria um ambiente favorável ao aprendizado tecnológico.

Essa competência central também fundamenta o posicionamento estratégico das empresas chinesas ao longo da cadeia de valor, seja por meio da integração vertical ou da especialização em segmentos específicos. Dessa forma, o futuro da estrutura industrial dos veículos elétricos e das baterias dependerá de como essa competência será distribuída ou disputada entre fabricantes de baterias e OEMs. Cabe ao governo avaliar se a competência central permanecerá concentrada em determinados atores ou se será compartilhada entre diferentes elos da cadeia.

A produção em massa de baterias como competência central consolidou a posição da China como o principal polo da cadeia de valor global de veículos elétricos. No entanto, essa rápida expansão da capacidade produtiva tem gerado efeitos colaterais significativos, como excedente de oferta, concorrência feroz, redução das margens de lucro, poluição (*European Commission*, 2019). Além disso, avanços tecnológicos potenciais — como as baterias de estado sólido ou o uso do hidrogênio como fonte energética — poderão provocar novas inflexões na dinâmica da concorrência global

no futuro próximo. Diante desse cenário, algumas questões permanecem em aberto: a competência central das empresas chinesas continuará garantindo à China a condição de base global de fornecimento de baterias para a indústria automotiva mundial? Essa competência será absorvida por outros atores, como os próprios OEMs, tornando-se uma capacidade convencional e disseminada entre os diferentes elos da cadeia de valor dos veículos elétricos? E, em caso afirmativo, como isso afetará a posição relativa da China e de suas empresas no novo ecossistema automotivo global?

Todas essas questões permanecem em aberto e requerem investigação futura.

Referências

ALEXANDER, Allen T.; MARTIN, Dominique (2013). Intermediaries for open innovation: A competence-based comparison of knowledge transfer offices practices. *Technol. Forecast. Soc. Change*, v. 80, n. 1, p. 38-49.

ALOCHET, Marc; MACDUFFIE, John P.; MIDLER, Christophe (2023). Mirroring in production? Early evidence from the scale-up of Battery Electric Vehicles (BEVs). *Ind. Corp. Change*, v. 32, n. 1, p. 61-111.

ARVANITIS, Rigas; VILLAVICENCIO, Daniel (2000). Learning and innovation in the chemical industry in Mexico. *In:* CIMOLI, Mario (Org.). *Developing Innovation Systems:* Mexico in a Global Context. Pinter: London, p. 189-205.

ARVANITIS, Rigas; VILLAVICENCIO, Daniel; ZHAO, Wei (2014). L'apprentissage technologique dans les pays émergents: Au-delà de l'atelier et de l'entreprise. *Rev. D'anthropologie Connaiss*, v. 8, n. 3, p. 495-521. Disponível em: https://doi.org/10.3917/rac.024.0495

BLOOMBERGNEF (2021). *Long-Term Electric Vehicle Outlook 2021*. BloombergNEF. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/ professional/blog/bloombergnefs-global-ev-outlook-2021-commercial-vehicles/> Acesso em: 17 fev. 2021.

BULMAN, David; SHIH, Willy; DALLAS, Mark (2022). Panel I: China's Position in Global Supply Chains. *In: U.S. –China Competition in Global Supply Chains.* (Transcrição da audiencia em 9 jun. 2022). The U.S. – China Economic and Security Review Commission: Washington, DC. Disponível

em: https://www.uscc.gov/sites/default/files/2022-06/June_9_2022_Hearing_Transcript.pdf. Acesso em: 8 set. 2025.

CARLSSON, Bo; STANKIEWICZ, Rikard (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *J. Evol. Econ.*, v. 1, p. 93-118.

CONG, Cao; NING, Li; XIA, Li; LI, Lui (2018). Reform of China's Science and Technology System in the Xi Jinping Era. *China Int. J.*, v. 16, n. 3, p. 120-141.

COOPER, R. N.; BERGER, Suzanne (2005). *How We Compete:* What Companies Around the World Are Doing to Make It in the Global Economy. Nova York: Doubleday.

DONADA, Carole (2018). Leadership in the electromobility ecosystem: Integrators and coordinators. *Int. J. Automot. Technol. Manag.*, v. 18, n. 3, p. 229-246.

EHSANI, Ali; MEHRMANESH, Hassan; MOHAMMADI, Mahmoud (2023). Identifying and prioritizing technology capability drivers in the supply chain using the fuzzy hierarchical analysis process. *Int. J. Res. Ind. Eng.*, v. 12, n. 1, p. 88-105.

EUROPEAN COMMISSION (2019). *EU-China: A Strategic Outlook*. Estrasburgo: European Parliament.

EZELL, Stephen (2024). *How Innovative Is China in the Electric Vehicle and Battery Industries?* Information Technology & Innovation Foundation. Disponível em: https://itif.org/publications/2024/07/29/how-innovative-is-china-in-the-electric-vehicle-and-battery-industries/ Acesso em: 8 set. 2025.

HART, David M. (2018). *Making "Beyond Lithium" a Reality:* Fostering Innovation in Long-Duration Grid Storage. Relatório técnico. Information Technology & Innovation Foundation. Disponível em: https://itif.org/publications/2018/11/28/making-beyond-lithium-reality-fostering-innovation-long-duration-grid/ Acesso em: 8 set. 2025.

HERRIGEL, Gary; WITTKE, Volker; VOSKAMP, Ulrich (2013). The Process of Chinese Manufacturing Upgrading: Transitioning from Unilateral to Recursive Mutual Learning Relations. *Glob. Strategy J.*, v. 3, n. 1, p. 109-125.

HOWELL, Sabrina T.; LEE, Henry; HEAL, Adam (2015). *Leapfrogging or Stalling Out? Electric Vehicles in China*. Regulatory Policy Program Working

Paper RPP-2015-07. Cambridge, MA: Mossavar-Rahmani Center for Business and Government, Harvard Kennedy School, Harvard University.

JETIN, Bruno (2020). Who will control the electric vehicle market? *Int. J. Automot. Technol. Manag.*, v. 20, n. 2, p. 156-177.

KENNEDY, Scott (2018). *China's Risky Drive into New-Energy Vehicles*. Report of CSIS China Innovation Policy Series. Washington, DC: CSIS.

KUPPER, Daniel *et al.* (2018). *The Future of Battery Production for Electric Vehicles*. Boston: Boston Consulting Group (BCG).

LEONARD-BARTON, Dorothy (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strateg. Manag. J.*, v. 13, n. S1, p. 111-125.

LÜTHJE, Boy; ZHAO, Wei; WU, Danielle; LUO, Siqi (2021). *China's New Energy Vehicle (NEV) Battery Industry*. IndustriAll Research Report. Raleigh, IL: IndustriAll. Disponível em: https://admin.industriall-union.org/sites/default/files/uploads/images/Report-covers/industriall_china_battery_research_report_final.pdf. Acesso em: 6 jun. 2022.

LÜTHJE, Boy; WU, Danielle; ZHAO, Wei (2023). China's auto industry: Regimes of production and industrial policy in the age of electric cars. *Int. J. Automot. Technol. Manag.*, v. 23, n. 1, p. 80-98.

MALERBA, Franco (2002). Sectoral systems of innovation and production. *Res. Policy*, v. 31, n. 2, p. 247-264.

MCDERMOTT, Gerald A.; CORREDOIRA, Rafael A. (2009). Network composition, collaborative ties, and upgrading in emerging-market firms: Lessons from the Argentine autoparts sector. *J. Int. Bus. Stud.*, v. 41, p. 308-329.

MCKINSEY (2021). *Unlocking Growth in Battery Cell Manufacturing for Electric Vehicles*. Nova York: Mckinsey. Disponível em: https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/ourinsights/unlocking-growth-in--battery-cellmanufacturing-for-electric-vehicles. Acesso em: 18 nov. 2021.

PARRILLIA, Mario D.; HERASB, Henar A. (2016). STI and DUI innovation modes: Scientific-technological and context-specific nuances. *Res. Policy*, v. 45, n. 4, p. 747-756.

PIORE, Michael; SABEL, Charles F. (1984). *The Second Industrial Divide*. Nova York: Basic Books.

PISANO, Gary P.; SHIH, Willy C. (2012). *Producing Prosperity:* Why America Needs a Manufacturing Renaissance. Brighton, MA: Harvard Business Review Press.

PORTER, Michael (1990). *Competitive Advantage of Nations*. Nova York: Free Press.

PORTER, Michael (1985). *Competitive Advantage:* Creating and Sustaining Superior Performance. Nova York: The Free Press.

PRAHALAD, C.K.; HAMEL, Gary (1990). The core competence of the corporation. *Harv. Bus. Rev.*, v. 68, p. 79-91.

SCHILLING, Melissa A. (2013). *Strategic Management of Technological Innovation*. Nova York: McGraw-Hill Education.

TIDD, Joe; BESSANT, John R. (2001). *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

THUN, Eric *et al.* (2022). *Massive Modularity:* Understanding Industry Organization in the Digital Age: The Case of Mobile Phone Handsets. Policy Research Working Paper no. WPS 10164. Washington, D.C.: World Bank Group.

VAZQUEZ, Miguel; HALLACK, Michelle; PEREZ, Yannick (2018). The dynamics of institutional and organisational change in emergent industries: The case of electric vehicles. *Int. J. Automot. Technol. Manag.*, v. 18, n. 3, p. 187-208.

XIESHU, Wang; ZHAO, Wei; RUET, Joël (2022). Specialized vertical integration: The value-chain strategy of EV lithium-ion battery firms in China. *Int. J. Automot. Technol. Manag.*, v. 22, n. 2, p. 178-201.

YANG, Ching-Chow (2015). The integrated model of core competence and core capability. *Total Qual. Manag.*, v. 26, n. 1-2, p. 173-189.

ZHAO, Wei (2022). Industrial Upgrading from Below: Can Chinese Local Manufacturing Firms Reconfigure Global Value Chains? *In:* GEREFFI, Gary; BAMBER, Penny; FERNANDEZ-STARK, Karina (Orgs.). *China's New Development Strategies* Singapura: Palgrave Macmillan.

ESTRATÉGIAS DAS MULTINACIONAIS AUTOMOTIVAS EM ECONOMIAS EMERGENTES: a Ford no Brasil e na China

João Assis Dulci
Raphael Jonathas da Costa Lima

Introdução

Em 15 de março de 2019, a Ford Motor Company publicou o documento *Creating Tomorrow, Together – 2018*, relatório anual aos seus acionistas, com uma carta do *executive chairman* da companhia, William Clay Ford Jr., na qual sinalizava um investimento na ordem de US$ 11 bilhões na substituição do seu portfólio de veículos, priorizando carros elétricos, e US$ 4 bilhões no desenvolvimento de carros autônomos até 2023. A expectativa da companhia era estar na vanguarda dos serviços de mobilidade e do desenvolvimento de novas tecnologias e de plataformas de inteligência artificial, em aliança estratégica com a indiana Mahindra (Ford, 2019). Nesse e em outros relatórios, a Ford explicita algumas das suas estratégias para mercados emergentes como o Brasil, seus vizinhos da América do Sul e a China, indicando o seu comportamento tendencial acerca de variáveis como investimento, desenvolvimento de produto/inovação e regulação das instituições nacionais.

O lançamento do relatório anual foi praticamente concomitante ao anúncio, em fevereiro do mesmo ano, do fechamento da planta de caminhões e do modelo Fiesta, localizada em São Bernardo do Campo (SP), dando início ao desmonte da sua estrutura industrial no Brasil, processo posteriormente consolidado com o encerramento da produção de veículos na planta de Camaçari (BA) e de motores em Taubaté (SP). Algo raro na história recente do país, o fim das atividades atendeu à expectativa da Ford em extinguir custos fixos relacionados à mão de obra e aos demais encargos operacionais associados à produção no Brasil (Lima e Dulci, 2021; Ford, 2019), a des-

peito dos incentivos fiscais recebidos no âmbito do programa Inovar-Auto, política industrial instituída pela Medida Provisória n. 563/2012 com o propósito de incentivar a produção nacional de componentes, aumentando a participação do Brasil na Cadeia Global de Valor (CGV) automotiva e, consequentemente, fortalecendo a produção automotiva e a geração de empregos no país (Lima e Santos, 2021).

O fechamento das plantas da Ford no Brasil indica uma redefinição da estratégia da empresa, retornando à condição de importadora de veículos, como quando de sua chegada ao país, em 1919 (Lima e Dulci, 2021; Eulálio e Passos, 2016; Brito, 1983). Além disso, desafia a convicção segundo a qual os altos investimentos despendidos desestimulam processos de desativação de plantas industriais acompanhados de outras formas de desinvestimento, como o abandono de processos de desenvolvimento de produtos, por exemplo (MaClachlan, 1992).

O anúncio do encerramento da produção no Brasil pela Ford em 2019 parecia o prenúncio da tendência de desmonte do parque automotivo brasileiro, reforçada pelo fechamento da planta da Mercedes em Iracemápolis (SP) pouco depois. Tal processo, por hipótese, estaria acontecendo por conta da crise política instalada a partir do processo de *impeachment* de Dilma Rousseff e do frágil crescimento da economia no governo de Michel Temer, que encerrou o Inovar-Auto e não renovou compromissos fiscais com o setor durante a vigência do Programa Rota 2030. Em 2020, já durante o governo de Jair Bolsonaro, a indústria automotiva ainda precisou enfrentar uma queda brusca nas vendas, tanto nos mercados nacional, quanto internacional, em função da pandemia da covid-19.

Entre o final de 2023 e o início de 2024, o setor recebeu um novo impulso por meio do Programa Mover e da agenda de reindustrialização desenhada pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), que resultou no anúncio de novos investimentos por atores já estabelecidos no mercado nacional — como General Motors, Stellantis e Toyota — e de entrantes, como as chinesas Build Your Dreams (BYD) e Great Wall Motors (GWM).

A chegada de empresas como BYD e GWM é reflexo de um movimento disruptivo que o setor automotivo vem experimentando nos últimos anos, em função do lançamento de novas tendências no mercado de automóveis, como a redução na produção dos modelos de entrada (os "populares") e a concentração nos veículos utilitários esportivos (SUVs); a acelerada di-

fusão dos veículos elétricos; o crescimento no aluguel e nas assinaturas de carros (*car as service* ou servitização) e a romantização do veículo autônomo (Norton, 2023).

A questão é que essas mudanças foram encaradas de formas diferentes, segundo as multinacionais. Algumas têm apostado em veículos 100% elétricos, caso da própria BYD, outras em híbridos (movido por um motor elétrico e um a combustão, geralmente à base de etanol). Da mesma forma, algumas multinacionais decidiram concentrar sua produção em produtos de alto valor agregado (SUVs e outros veículos de luxo), enquanto outras ainda dedicam parte da sua produção aos automóveis de entrada.

No caso da Ford, a presente discussão sugere que essa multinacional optou por competir em nichos mais lucrativos, notadamente aquele do segmento de automóveis de luxo e Veículos Utilitários Esportivos (SUV) de alto padrão (todos acima de R$ 200 mil em valores de 2025), em consonância com expectativas de acionistas e respostas aos mercados financeiros, mirando o mercado de futuros. A Ford é uma multinacional com grande concentração do poder acionário entre instituições financeiras, como fundos de investimento, companhias de seguro, bancos e fundos mútuos (Carmo *et al*., 2019), a exemplo do Vanguard Group Inc (8,71% das ações), do Blackrock Inc (7,2%), do State Street Corporation (4,46%) e do Newport Trust Company, LLC (3,98%).

Orientada por retornos de curto prazo aos acionistas, a Ford abdicou de toda a estrutura produtiva possibilitada pelo Programa Inovar-Auto, bem como de uma participação mais significativa no mercado brasileiro — que, obrigatoriamente, passaria pela atuação no segmento dos "automóveis de entrada" — e passou a focar em três produtos de alto valor agregado: Ford Territory (SUV), Bronco Sport (SUV) e Mustang (em versão elétrica) (Ford, 2019, 2020, 2021 e 2022).

Chama a atenção que a estratégia da Ford contrasta com a de outras multinacionais, como a Stellantis e a General Motors, que ainda produzem e comercializam automóveis de entrada, o que lhes assegurou, respectivamente, a primeira e a segunda colocações entre as marcas mais vendidas no país nos últimos anos (Fenabrave, 2022 e seguintes). Contrasta também com a atuação das multinacionais chinesas que vêm anunciando investimentos no Brasil, especialmente desde 2023. A Great Wall Motors (GWM) efetivou a compra da planta da Mercedes, desativada em 2020 em Iracemápolis (SP), e está reestruturando a unidade para produzir a picape Poer. Mais recen-

temente, a BYD anunciou investimentos iniciais de R$ 3 bilhões a partir da aquisição da planta da própria Ford em Camaçari (BA) e lançou dois modelos elétricos (Dolphin e Mini Dolphin) que já figuram entre os mais comercializados no país em seu segmento.

Recorrendo ao caso da Ford, que não reverteu sua decisão e renunciou a seu braço fabril no Brasil, a presente discussão é um exercício de entendimento de como as corporações escolhem suas estratégias ante conjunturas marcadas por políticas industriais distintas e de como incorporam a relação com agentes — governos, sindicatos, consumidores — que integram e configuram a política e a economia política nacionais à definição dos seus investimentos (Davis, 2005). Utilizando essa tradicional multinacional como unidade de análise, o objetivo é discutir se o Investimento Direto Estrangeiro (IDE) (Bandelj, 2002) do setor automotivo se constitui em indicador importante para auxiliar na classificação de determinadas economias emergentes — notadamente, Brasil e China — como Economias de Mercado Dependentes (DMEs) ou Economias de Mercado Orientadas pelo Estado (SMEs).

DMEs e SMEs são tipologias de classificação de economias nacionais baseadas em variáveis empíricas elaboradas por autores institucionalistas (Nölke e Clarr, 2013; Nölke *et al*, 2014; Aguilera e Jackson, 2010; Jackson e Deeg, 2019; Morgan e Kristensen, 2006) comprometidos em sofisticar o clássico modelo concebido por Hall e Soskice (2001) sobre "Variedades de Capitalismo" (VoC), cuja tipologia original lidou, fundamentalmente, com os modelos de "Economias de Mercado Coordenadas (CMEs)", proposto para definir as economias alemã e japonesa, e de "Economias de Mercado Liberais" (LMEs), aplicado aos EUA e à Grã-Bretanha.

Este capítulo propõe, portanto, uma reflexão sobre o lugar dos Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs) na economia de países emergentes, com o propósito de saber como se dá a interface entre a regulação promovida pelas instituições dos países de destino dos investimentos (Morgan, 2007) e as decisões estratégicas que são, usualmente, definidas nas matrizes das corporações e que direcionam processos tais como internacionalização, multinacionalização, diversificação industrial (novas plantas e modernizações) e política de produto (Bandelj, 2002; Jetin, 2009).

Entende-se, a partir do caso analisado, que a chave para apreender adequadamente a ligação entre economias emergentes e empresas multinacionais está, em grande parte, na configuração dos IDEs, uma vez que esses

traduzem o nível da transmissão de tecnologias inovadoras para os países de destino, bem como a capacidade de *catching-up* demonstrada por essas economias a partir da relação com setores tecnologicamente dinâmicos, como o automotivo. No entanto, é necessário acrescentar outros elementos como resposta, que passam por conformações dos setores produtivos às formas diferenciadas de condução econômica nacional. A Ford age de formas distintas em seus diferentes contextos, e isso remete a uma agência corporativa típica de multinacionais (Crouch *et al*., 2009), em que as subsidiárias moldam a interação entre pressões institucionais do país de origem com aquelas do país anfitrião dos investimentos. Por fim, sugerimos que esse tipo de análise requer também um ajuste de escala, introduzindo a necessidade de acrescentar aos modelos nacionais especificidades regionais e setoriais.

Multinacionais e instituições

A pesquisa sobre a atuação das corporações em países emergentes como o Brasil pode contribuir com o entendimento acerca do funcionamento das instituições nacionais do capitalismo para além das economias dos Estados Unidos, da Europa Ocidental e do Japão, as quais concentraram a maior parte das investigações produzidas no campo da teoria das Variedades de Capitalismo (VoC), nas últimas décadas (Nölke e Clarr, 2013; Nölke, 2021). Essas variações analíticas provenientes da tradição institucionalista oferecem uma contribuição importante à interpretação das estratégias das empresas nos mercados internacionais a partir de uma perspectiva orientada pela forma como modelos nacionais de capitalismo são determinados por arranjos institucionais distintos (Thelen, 2004) e pela atuação dinâmica das instituições econômicas (firmas, bancos e mercados, por exemplo) (Nee e Swedberg, 2005). Numa conjuntura de instituições dinâmicas, as multinacionais e suas subsidiárias diversificam as estratégias (Morgan, 2007) no sentido de possibilitar o enraizamento da prática organizacional em diferentes contextos institucionais (Morgan e Kristensen, 2006).

A primeira formulação de um tipo de capitalismo para países em desenvolvimento partiu de Schneider (2009), que procurou qualificar as instituições do capitalismo da América Latina sob a alcunha de um tipo classificado como "Economia de Mercado Hierárquico" (HME) (Nölke e Clarr, 2013). Nölke e Clarr (2013) e Nölke *et al*. (2014) propuseram uma formulação que enquadra, de um lado, as economias da Europa Centro-Oriental como

"Economias de Mercado Dependentes" (DMEs), e, de outro, grandes países emergentes, mais especificamente Brasil, China e Índia (BIC's), como "Economias de Mercado Orientadas pelo Estado" (SMEs).

A classificação tipológica de Economias de Mercado Dependentes (DMEs) foi elaborada para lidar com países emergentes do leste europeu cujas economias passaram por uma transformação radical com o fim do comunismo, experimentando um ciclo de grande dependência frente aos Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs) (Bandelj, 2002). Esse tipo-ideal está relacionado a países como Eslováquia, Polônia e Tchéquia, que lidaram com uma condição histórica muito específica, que foi a repentina transição do socialismo para o capitalismo e que, em função disso, passaram a ter um tipo de desenvolvimento muito dependente do capital estrangeiro e de decisões corporativas tomadas, em sua maioria, nas matrizes das multinacionais (Pavlinek *et al*., 2017).

Por sua vez, as Economias de Mercado Orientadas pelo Estado (SMEs) são marcadas por um conjunto de características distintivas: existência de coalizões entre o Estado e as associações empresariais, típicas em economias emergentes inseridas em Redes Globais de Produção (Dicken, 2010); e grande protagonismo do Estado, uma vez que os governos negociam uma abertura seletiva das suas economias à atuação das multinacionais (Nölke *et al*., 2014). Nesse sentido, a China é o caso paradigmático de uma SME.

Algumas diferenças marcantes entre as DMEs e as SMEs precisam ser ressaltadas, especialmente quando a análise opera de forma mais setorial, isto é, considerando as peculiaridades da trajetória de indústrias como a automotiva. Em primeiro lugar, há diferenças quanto à integração dos dois tipos de economia aos mercados financeiros globais, especialmente em se tratando de barreiras ou facilidades à entrada dos Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs). DMEs precisam lidar com o problema de as atividades mais inovadoras e mais lucrativas da cadeia global de valor permanecerem na matriz da empresa multinacional, geralmente com pouca autonomia para questões tributárias. Ou seja, países com esse tipo de economia basicamente são plataformas de montagem de bens industriais semipadronizados e beneficiadas pelos baixos salários pagos aos seus trabalhadores, com novas tecnologias e novos produtos importados pelas multinacionais diretamente das suas matrizes. Isso se associa diretamente ao mecanismo de coordenação característico das economias de destino, extremamente dependente das hierarquias capitaneadas pelas multinacionais. Nesse sentido, Econo-

mias de Mercado Dependentes precisam de forma mais acentuada desses investimentos, que geralmente controlam os setores tecnologicamente mais avançados, a exemplo do automotivo (Lung, 2004; Pavlínek, 2015; Pavlínek *et al*., 2017).

Já no caso das SMEs, idealmente, o mecanismo de coordenação é marcado pela colaboração entre Estado e grandes empresas nacionais, com foco no controle nacional do desenvolvimento econômico, reduzindo o poder de influência das multinacionais. No caso de SMEs como a China, também caracterizadas pelo baixo custo da mão de obra, alguma transferência tecnológica ocorre a partir da interação com multinacionais oriundas de Economias de Mercado Coordenadas (CMEs) ou Economias de Mercado Liberais (LMEs). Exemplos mais recentes dessas relações são as *joint ventures* entre a Volkswagen e empresas chinesas para a transferência tecnológica de produção de veículos elétricos e da própria Ford com a Jiangling Motor Corporation (JMC).

Há, portanto, diferenças muito marcantes na relação das economias emergentes com os Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs) (Bandelj, 2002). Segundo Nölke *et al*. (2014), em se tratando de transferência de inovação, nas SMEs os Estados preservam um fraco sistema de direitos de patente, privilegiando a engenharia reversa e o *catch-up* tecnológico. Além disso, é notável a seleção de alguns setores para receber suporte do Estado para o *upgrading* tecnológico, assim como desdobramentos de pesquisas com financiamento público. Na China, por exemplo, país com grande mercado doméstico, predomina uma política de integração seletiva e gradual à economia global, proteção ao mercado doméstico e incentivo à expansão internacional das maiores empresas, com abertura apenas gradual no sentido de permitir a modernização tecnológica (Nölke *et al*., 2014). É exatamente o que vem acontecendo com as suas multinacionais automotivas, como BYD e GWM, que se expandem de forma acelerada no mercado global, sobretudo de elétricos e híbridos. Já nas DMEs, ao contrário, o que se entende por inovação é transferência de tecnologias ou outras soluções desenhadas dentro da multinacional, ou seja, de unidades mais centrais para outras mais periféricas da empresa.

O caso Ford

A Ford é um exemplo da relevância do setor automotivo para a trajetória de desenvolvimento das economias emergentes, como o Brasil. Embora produzisse na sua planta de São Bernardo do Campo (SP) desde a década de 1960,

foi a unidade de Camaçari (BA) que forneceu uma relevante renovação da empresa no país. Essa planta foi inaugurada no início dos anos 2000, ainda no ciclo de Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs) iniciado nos anos 1990, no contexto do Novo Regime Automotivo. Tais investimentos, que ocorreram numa conjuntura de oferta de incentivos fiscais, viabilizaram a construção de novas plantas automotivas fora do ABC Paulista e em regiões *greenfield* para o setor. Inicialmente prevista para ser erguida em Guaíba (RS), a planta da empresa acabou por ser inaugurada em Camaçari, após um atrito entre a montadora e o então governador eleito do estado do Rio Grande do Sul, Olívio Dutra, acerca da política de desonerações fiscais (Dulci, 2015).

Estima-se que, desde 1999, a empresa tenha recebido cerca de R$ 20 bilhões em incentivos fiscais, dos quais R$ 7,5 bi como contrapartida a três investimentos realizados no estado da Bahia durante a vigência do Programa Inovar-Auto: uma fábrica de motores e um laboratório de polímeros em Camaçari (2014 e 2016, respectivamente); e um centro de distribuição de peças em Simões Filho (2016) (Lima e Santos, 2021). Contudo, a Ford, assim como outras grandes montadoras, passou a promover uma radical mudança no seu modelo de negócios, apostando nos utilitários esportivos (SUVs), no desenvolvimento de veículos autônomos e na adesão aos processos de eletrificação e servitização. Essa transição ficou mais clara após o fim da planta de São Bernardo do Campo (SP), em 2019, quando optou por suspender a produção ainda lucrativa de caminhões sem propor a substituição por outro produto (Lima e Dulci, 2021).

A estratégia em curso previa a gradual aposentadoria dos modelos fabricados e comercializados no país e, em paralelo, delineava a aposta nos utilitários Ford Territory e Bronco Sport, a fim de competir no segmento de maior valor agregado, restrito à pequena parcela de consumidores de alta renda. Além disso, esses produtos se adequariam perfeitamente à necessidade de a corporação fortalecer o alinhamento da sua cadeia global de valor, cada vez mais estruturada ao redor de economias emergentes como o México (Bronco Sport) e a China (Ford Territory), contrastando com o Brasil, que foi inicialmente reposicionado pela multinacional como um mercado importador de veículos organizado a partir de um conjunto de 283 concessionárias no país.

No caso do Territory, trata-se de um modelo inspirado no Yusheng S330, produzido pela Jiangling Motor Corporation (JMC), parceira da Ford há 25 anos (Quatro Rodas, 2020), e que entrou no Brasil via importação da

China, onde funciona por *joint venture*, assim como as demais montadoras multinacionais. A Ford possui 50% da Changan Ford Automobile Corporation (CAF) (percentual que era de 35% em 2011), que, por sua vez, possui 50% da Jiangling Motors Company Group (JMC), sendo metade dessa fatia pertencente à Ford, além de 50% do braço financeiro da Jiangling, via CAF (Ford, 2025). A princípio, a expectativa é de que, a médio prazo, visando atender ao mercado sul-americano, a produção se concentre cada vez mais na planta de General Pacheco, na Argentina, uma das duas unidades de produção que a empresa vem mantendo desde 2021 no subcontinente (a outra é a parceria com a Nordex no Uruguai para produzir a van comercial Transit). Por sua vez, o Bronco Sport é importado da planta de Hermosillo, no México, e teve sua produção iniciada no final de 2020. Chama a atenção, portanto, algo bastante destacado pela literatura recente, que as etapas da cadeia global de valor mais intensivas em trabalho se concentram em países como China e México, país este marcado por uma reforma trabalhista que reduziu significativamente os custos de produção (Lima e Dulci, 2023).

A planta de General Pacheco, na Argentina, já abrigava a produção do utilitário Ranger, modelo com boa aceitação no Brasil e um dos responsáveis pela marca de 7,2% do mercado, atingida pela Ford ao final de 2020, embora atrás de GM, Volkswagen, FIAT, Hyundai e Jeep (Stellantis) (FENABRAVE, 2021). Na Argentina, a montadora investiu cerca de US$ 580 milhões, convertendo-a na principal plataforma de exportação para os países da América do Sul, incluindo o Brasil, onde ainda se concentra o seu principal mercado regional. Os esportivos Territory e Bronco Sport foram indicados como o *core business* da empresa pelo desenho do *Creating Tomorrow Together*, seguindo a tendência do setor de concentrar a venda em produtos de maior valor agregado e descontinuando o segmento de veículos de entrada. No entanto, com o redesenho mais recente das estratégias da montadora, de acordo com o Ford+, modelo que visa congregar modelos tradicionais com sustentabilidade (Ford, 2025), a empresa busca ocupar espaço maior entre híbridos e elétricos. Apesar disso, de 2,2 milhões de automóveis Ford vendidos em 2024, 12,9% foram híbridos ou elétricos, ante 11,7% em 2023 (Ford, 2025).

Procedimentos metodológicos

A presente discussão é um estudo de caso a respeito do movimento estratégico da Ford, a unidade de análise, que resultou no fim das suas atividades produtivas no Brasil, anunciado em 2019 e concluído em 2020. O caminho

escolhido foi avaliar a estratégia dessa multinacional a partir da transferência de inovação, uma das seis variáveis institucionais utilizadas por Nölke *et al*. (2014) para avaliar o que chamam de "arquitetura econômica doméstica" de três das principais economias emergentes (BIC's – Brasil, Índia e China) da atualidade. A justificativa para a opção por proceder a análise a partir dessa variável se deve à composição dos relatórios anuais aos acionistas, aqui mobilizados como fonte de dados. Esses relatórios aglutinam informações importantes sobre investimentos em tecnologia da Ford feitos pela matriz em suas filiais, relações com os principais fornecedores e estratégias de mercado.

Inicialmente, foi conduzida a análise sistemática de todos os relatórios anuais produzidos pela montadora, entre 2011 e 2020 (este publicado em 2021). O ano de 2011 foi escolhido porque antecede o lançamento do Programa Inovar-Auto, que mexeu com a estrutura produtiva da indústria automotiva brasileira ao incentivar novos investimentos e incluir a questão energética com mais destaque quando comparado aos demais programas para o setor. E o ano de 2020 demarca o encerramento da produção da Ford no Brasil, com o fechamento de todas as suas unidades de fabricação de veículos e motores.

Ao cotejar os relatórios anuais da Ford com o modelo desenvolvido por Nölke *et al*. (2014), foi construído o quadro 1, sintetizando o funcionamento da transferência de inovação nas variedades DME e SME selecionadas para a presente discussão. De maneira complementar, os relatórios posteriores a 2020 foram utilizados em natureza qualitativa de análise.

Quadro 1 – Variedades de Capitalismo em países emergentes

	Variável
Variedade de Capitalismo / Instituições	**Transferência de Inovação**
DME	Transferência intrafirma dentro de corporações multinacionais
SME	Catch-up tecnológico através de engenharia reversa e inovação liderada pelo Estado

Fonte: Elaboração própria a partir de NÖLKE, A.; BRINK, T. T.; CLARR, S., e MAY, C. (2014)

O quadro 2, por sua vez, descreve dois indicadores identificados nos relatórios e sua correspondência com a variável transferência de inovação, que consta na tipologia elaborada por Nölke *et al.* (2014). O modelo utilizado pelos autores opera como caminho para construir tipos-ideais de economia capitalista. Nesse sentido, atendo-se à variável institucional citada, testou-se a formulação dos autores, de modo a verificar a concordância da tipologia ao caso brasileiro com base nos relatórios.

Quadro 2 – Descrição dos indicadores e correspondência com a tipologia de Nölke *et al.*, 2014.

Nome do indicador	**Descrição**	**Correspondência com Nölke *et al.* (2014)**
Metas de Expansão e Investimento (MEI)	Assertivas explícitas quanto à expansão de produção, investimentos nas unidades analíticas de interesse e efetivação de aumento da produção	Transferência de inovação
Produtos e Inovação (P&I)	Novos produtos, *mix* de produção ou tecnologias e respectivos empenhos estratégicos e orçamentários para tanto	Transferência de inovação

Fonte: Ford Annual Report (2011-2020); Nölke, *et al.* (2014). "Domestic Structures, Foreign Economic Policies and Global Economic Order: Implications from the Rise of Large Emerging Economies", *European Journal of International Relations*.

Conforme a classificação proposta por Nölke *et al.* (2014), a China é caso paradigmático de uma Economia de Mercado orientada pelo Estado (SME), cabendo verificar a aderência do Brasil a tal tipologia. Compreende-se a limitação de se testar uma tipologia de economias nacionais a partir de um caso analítico específico, a despeito de sua robustez. Porém, o objetivo final não é indicar eventuais adaptações no modelo de Nölke *et al.* (2014), mas demonstrar que a verificação dessa tipologia a partir das estratégias de uma grande multinacional auxilia no aprimoramento teórico do debate. Também se aponta a necessidade de adensamento da verificação a partir de mais casos, considerando a relevância de destacar distinções e especificidades importantes para diferentes setores produtivos, como apontado por Crouch *et al.* (2009). Lança-se mão de referências à China por ser atualmente o principal lócus de expansão da montadora norte-americana, de

atuação da Ford no mercado asiático e por funcionar como o arquétipo do tipo SME proposto por Nölke *et al.* (2014).

"Transferência de inovação": China e Brasil

O indicador de "transferência de inovação" aponta para diferenças importantes acerca da inserção da Ford no Brasil e na China. Com relação ao Brasil, o país registrou poucos incrementos nessa direção nos últimos anos, basicamente resumindo-se à construção do Centro de Desenvolvimento de Produtos no Complexo Industrial Ford Nordeste (Dulci, 2015) e à construção de uma planta de motores em Taubaté (Ford, 2011; 2012), já desativada.

O interesse em investimentos em tecnologia no Brasil parece ter diminuído junto com o fim do apelo de modelos de porte médio e pequeno (Ford, 2012; 2015). No entanto, a Ford mantém hoje um centro de pesquisas com aproximadamente 1.600 engenheiros, que trabalham no Cimatek, um centro do Senai em Camaçari. De acordo com Alexandre Machado, diretor de desenvolvimento de produtos da montadora na América do Sul e sócio da Ford Motor Company Brasil, o centro produz patentes de painéis e tecnologias de sistemas (Veja Negócios, 8 jun. 2024). A empresa ainda conta com isenções em tributos em folha de pagamento, de acordo com dados da Receita Federal, da ordem de R$ 8,5 milhões ao ano. As formas de contratação desses engenheiros, porém, variam entre CLT, por pessoa jurídica e por projetos. O centro de pesquisas não é citado no mais recente relatório anual aos acionistas, publicado pela empresa em 2025.

Em oposição, na China, houve crescimento na busca por engenheiros, com respectivos aumentos salariais, e a expansão do centro de pesquisas em Nanjing, que viu seu contingente subir de 300 para 2000 trabalhadores especializados com a finalidade de desenvolver produtos (*China Daily USA*, 1 jul. 2014; *Wall Street Journal,* 5 mar. 2014). Além disso, a Ford definiu, ainda no início da década de 2010, aquele país como lócus privilegiado no mercado asiático, inicialmente, e mundial, no decorrer dos anos (*NY Times*, 21 jun. 2017; Ford 2011; 2012; 2017). A montadora cita como um dos principais motivos para investimentos na China o fato de ser o "maior mercado automotivo do mundo" (Ford, 2012). Em 2017, anunciou em seu relatório investimentos no modelo *joint venture* para o desenvolvimento de carros elétricos no país com a Zotye (Ford, 2017; *Automotive News,* 4 fev. 2021) e a produção do Mustang elétrico com a Changan (*idem*).

Até meados da década de 2000, houve pouca transferência de tecnologia pela indústria automotiva norte-americana, incluindo a Ford (Huang, 2006; Gallagher, 2003). Para não perder competitividade, o governo chinês optou por reduzir tarifas de importação de equipamentos e de ingresso de recursos, o que privilegiou o investimento direto estrangeiro (Huang, 2006; Gallagher, 2003). As principais mudanças ocorreram no processo de fabricação, mais que na concepção da produção. Houve também adaptações da manufatura às novas regulações chinesas com relação a emissões e artigos de segurança, bem como acréscimo de tecnologia nos automóveis (Huang, 2006; Ford, 2018 e seguintes), mas nada disso havia transferido tecnologia ou permitido investimentos em pesquisa e desenvolvimento local.

A situação mudou nos anos mais recentes, em função da expansão dos mercados de carros elétricos na China, bem como pela reversão do controle de *joint ventures*, como ocorreu no caso Geely/Volvo (Schwabe, 2019). O Estado chinês, numa disputa de poder de barganha com as montadoras multinacionais, buscou forçar a internalização de tecnologia por meio de sua capacidade de criar regulações, bem como pela existência de um mercado que consumiu mais de 29 milhões de automóveis em 2017. No entanto, a situação ainda aparece em disputa, situando as multinacionais de origem europeia e norte-americana de um lado, as representações chinesas nas *joint ventures* e o Estado, do outro (Schwabe, 2019), numa medida conduzida pelo governo central chinês (embora delegada a zonas específicas) chamada de "trocando mercado por tecnologia" (Guo *et al*., 2017, p. 27, tradução nossa). O esforço de *catching-up* tecnológico, embora ainda em estágio inicial, é representado pelas medidas tomadas por empresas privadas chinesas do setor.

Os movimentos recentes da Ford na China indicam que um dos pontos de virada da empresa em relação àquele país foi a queda da recomendação das ações ocorrida em 2018, pela Morgan Stanley (CNBC, 19 out. 2018). Críticas à gestão motivaram a companhia a uma atuação mais agressiva no mercado asiático, consolidando a China como plataforma para toda a região. Apesar da ação agressiva no mercado chinês, que responde por 11,1% das vendas, a Ford ainda concentra 66,7% das suas vendas nos mercados dos EUA e Canadá (58,3% nos Estados Unidos e 8,3% no Canadá) (Ford, 2025).

Se na China houve *catch-up* e *upgrading* tecnológico incentivado pelo Estado, no Brasil a efetiva transferência de inovação foi limitada pelas próprias políticas industriais. O programa Inovar-Auto, que vigorou entre os anos

de 2013 e 2017, atingiu algumas metas no sentido de ampliar a participação brasileira na cadeia de valor automotiva e tentar assegurar a manutenção e a geração de empregos, mas caminhou em direção oposta ao dar mais vazão a interesses específicos das multinacionais (e da sua entidade de representação, a Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA). O Inovar-Auto tampouco conseguiu converter a estratégica clássica de oferta de benefícios fiscais com redução da alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) em efetiva ampliação do investimento em pesquisa e desenvolvimento pelas empresas (Lima e Dulci, 2020; 2021). Ao seu término, o Inovar-Auto foi substituído, em 2018, pelo programa Rota 2030, que deu mais ênfase à agenda da eficiência energética e da tendência global de difusão de veículos elétricos. A manutenção de incentivos e a estruturação de novas formas de desoneração fiscal sofreram enorme resistência do então ministro da Fazenda do governo Michel Temer, Henrique Meirelles, pouco avançando também no governo de Jair Bolsonaro, a despeito da forte pressão do setor. Atualmente, está em vigência o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Mover), lançado em 2024, que busca avançar no desenvolvimento tecnológico do setor, com vistas à sustentabilidade.

No início da década de 2010, o Brasil era visto como um mercado promissor em expansão, sobretudo para carros pequenos como o modelo Ka, expectativa que foi perdendo fôlego nos anos mais recentes em função da tendência de comercialização de SUVs e da própria retração do mercado local. Contou para isso também o fato de os carros pequenos possuírem menor valor agregado e a perda de *market share* que a Ford experimentou a partir de 2015. Por fim, fica evidente a percepção da empresa de que os incentivos fiscais não compensariam o volume de aporte financeiro crescente para assegurar as operações no país diante de previsões cada vez menores de lucro (Ford, 2019 e seguintes).

Apesar disso, em busca de fazer jus aos incentivos dos dois programas nacionais de apoio à indústria automotiva, a Ford iniciou alguns movimentos no Brasil. A fábrica instalada em Taubaté (SP) ficou encarregada de produzir os motores modelo 1.5 Ti-VCT e a caixa de câmbio MX65 (utilizada no Ford Ka e no Ecosport), empregando aproximadamente 1.300 funcionários na planta, num processo de interiorização da produção outrora situada na Índia (*Folha de São Paulo*: "Proposta da Fazenda para Rota 2030 não é tão boa, diz Ford", 29 mar. 2018).

Na China, verificou-se, ao contrário, uma tendência de otimismo crescente acerca das possibilidades de expansão naquele mercado. Os primeiros relatórios da década fazem menção à introdução do Ford Lincoln (sedan de grande porte) como produto de referência do seu *line-up* dentro de um mercado visto como premium desde 2012. A expansão das vendas no mercado chinês orientou a empresa a apostar numa maior diversificação dos seus produtos e a construir *joint ventures* com empresas locais. Porém, três aspectos chamam a atenção: a percepção da Ford de exercer pouco controle sobre as *joint ventures*; a dificuldade de diferenciar os seus produtos daqueles dos concorrentes; e a crescente pressão regulatória sobre a emissão e por eficiência energética, preocupação que surge a partir de 2014, tanto na China quanto no Brasil.

Quadro 3 – Indicadores de operação e contexto da Ford, a partir de seus relatórios anuais

Indicadores	**Brasil**	**China**
MEI	Década se inicia com leitura positiva para o país. Brasil era visto como um mercado em expansão e um lócus privilegiado de lucros. Investimentos da ordem de US$500 mi para a planta de Taubaté. A expansão de concessionárias estava na pauta. No decorrer do tempo, o tema se esvai. A última referência é à planta do Ceará, ainda em 2013.	Os primeiros relatórios trazem a China como um mercado em expansão, juntamente com o Brasil e a Rússia, centro de expansão da classe média consumidora. O país era lócus de grandes investimentos, melhorias e expansão de centros de produção e vendas. Em 2014, o Lincoln é introduzido. Metas permanentes de crescimento.
P&I	O otimismo da década de 2010 se refletia num mercado de carros pequenos, além do entusiasmo com os resultados do Ecosport e, posteriormente, do novo Ka. Os resultados eram tidos como positivos, com a ressalva de carros menores terem menores margens de lucro. Com o tempo, o otimismo dá lugar a resultados piores e a mudanças estratégicas de produção para SUVs.	O mix de produtos da Ford na China foi aos poucos se ampliando. No início, carros menores ladeavam o Mondeo 2.0. Já em 2012, a China foi vista como um mercado para carros "premium" (China e EUA somariam 50% desse mercado), o que explica a inserção do Lincoln. Já no fim da década, a preocupação se dava com a oferta de diferenciais nos produtos Ford em relação aos demais concorrentes, exigindo mais agilidade na percepção da especificidade da demanda.

Fonte: Ford Annual Report, 2011-2020.

Os resultados desta pesquisa acabam por indicar que decisões como a de fechar as plantas no Brasil apontam para um processo de reconversão estratégica da Ford, que caminha na direção da separação entre nós produtivos, como a China, e nós de comercialização, como o Brasil, assumindo a partir daí uma configuração múltipla que lhe permite manter uma dimensão essencialmente produtiva focada na extração de valor do trabalho em certos contextos e assumir uma configuração típica de prestadora de serviços em outros ambientes institucionais. No caso brasileiro, ao avançar numa estratégia de desinvestimento, a empresa procurou consolidar um perfil de importadora e distribuidora de produtos e serviços automotivos.

Outro ponto a ser considerado é que o caso da Ford é revelador de uma série de novas questões que tendem a desafiar empiricamente os tipos-ideais elaborados por Nölke e Clarr (2013) e Nölke *et al*. (2014), com diferenças marcantes entre a forma segundo a qual a empresa se comportou no Brasil e na China e, consequentemente, no modo como essas economias se inseriram na cadeia de valor automotiva. No caso brasileiro, em que os investimentos diretos estrangeiros têm caracterizado a trajetória do setor automotivo ao longo dos últimos 30 anos, as multinacionais, em sua maioria, pouco fizeram no sentido de transferir para o país algumas das etapas mais inovadoras e mais lucrativas da produção, a despeito dos esforços das últimas políticas industriais — notadamente, a partir do Programa Inovar-Auto — no sentido de reverter essa tendência. Etapas de maior valor agregado, como a fabricação de componentes eletrônicos, continuam concentradas em países desenvolvedores de tecnologia, cabendo ao Brasil a montagem de veículos a um baixo custo da mão de obra, o que aproximaria o país muito mais de um tipo de economia DME (Economia de mercado dependente).

As plantas brasileiras da Ford foram negociadas em termos de terrenos, caso de São Bernardo do Campo (Lima e Dulci, 2021), ou como fábricas parcialmente utilizáveis, caso da planta de Camaçari, adquirida pela BYD. Os objetivos de gerar expectativas futuras aos acionistas com a reformulação da geografia da empresa, bem como de ampliar as vendas adequando o mix de produtos como uma linha global, indicam resultados de curto fôlego. Em seu relatório de 2022 (publicado em 2023), a Ford admite pela primeira vez os riscos de sua estratégia baseada em veículos maiores e de maior lucratividade potencial, porque depende de ampliação de vendas em mercados centrais, como Estados Unidos e China (Ford, 2023). Além disso, alerta seus acionistas para uma possível alteração mais brusca na deman-

da por elétricos, o que demonstra a incapacidade da empresa em fornecer modelos com essa motorização em escala global (Ford, 2023 e seguintes).

Mas não é apenas em termos de política de produtos que residem as preocupações da Ford, novamente confirmadas por seus resultados mais recentes. Sua estratégia, embora mais orientada para um modelo mais de "produto" do que de "volume", como nos conceitos de Boyer e Freyssenet (2003) e Boyer (2009), também depende de um maior *market share*. Novamente, os números da companhia americana apontam relativo insucesso nessa meta. Entre 2020 e 2022, a empresa registrou prejuízo em suas operações e reconfigurações efetivadas na China (usando o formato EBIT[1] como indicador), em parte pela pandemia da covid-19, mas também por perda de competitividade e redução relativa de vendas. O prejuízo foi maior do que o esperado (Ford, 2023) e sua participação nos mercados chinês e brasileiro caiu. Na China, ela teve uma variação negativa nas vendas, saindo de 254.373 unidades de veículos comerciais e não comerciais vendidos, em 2020, para 219.248, em 2022. No Brasil, dados disponibilizados pela Federação Nacional de Distribuição de Veículos Automotores (FENABRAVE) apontam que, entre 2020 e 2021, houve uma redução de 93,47% (de 117.265 para 7.659 unidades) nas vendas no Brasil.

Os movimentos de reversão de expectativas do programa *Creating Tomorrow Together* apresentam reveses relevantes. A pandemia atingiu todo o setor industrial mundo afora, mas decisões corporativas visando o mercado de futuros, com suas respectivas reestruturações, cobram um preço que, até o momento, não foi compensado pelos ganhos em vendas, maiores em termos absolutos, mas menores em termos relativos. A eletrificação ainda é uma preocupação constante, com o não alcance de metas, e a opção pela maior lucratividade ainda não apresentou a robustez esperada pela empresa e descrita em vários de seus relatórios.

Considerações finais

Procurou-se aqui recorrer às variáveis empíricas elaboradas por Nölke e Clarr (2013) e Nölke *et al* (2014) a fim de se interpretar a estratégia da Ford Motor Company ao abdicar de produzir no Brasil e, consequentemente, colocar em risco seu *market share*. Sendo assim, duas foram as principais conclusões extraídas da discussão.

1. Sigla em inglês para "*Earnings Before Interests and Taxes*", ou Lucro antes de juros e tributos.

A primeira está relacionada ao lugar do Brasil na estratégia da Ford, indicando que, ao longo de dez anos (2011 – 2020), o país saiu da condição de um mercado promissor e com potencial de ampliação da produção nas diversas unidades da multinacional para a de mero importador de automóveis de luxo. O crescente desinteresse da Ford pelo Brasil reflete bem a mudança no paradigma que, em pouco mais de dez anos, alterou a rota do setor automotivo. Os relatórios mostram que a Ford enxergava o Brasil como um mercado e um lócus de produção promissor para modelos como o Ka, que se encaixava perfeitamente à perspectiva de produção e venda em larga escala, sobretudo de automóveis pequenos e "populares", que dominavam a estratégia das principais corporações à época.

Anos depois, as vendas caíram e o Brasil deixou de ser um mercado relevante para a Ford, o que foi agravado pela nova tendência global de aposta em menor volume de vendas concentrado em produtos de maior valor agregado, especialmente carros maiores. Esse movimento não incluiu o Brasil em transferência de tecnologia. Radicalmente ao contrário, o Brasil saiu do mapa produtivo da empresa. Situação oposta viveu a China, que se tornou um mercado mais atraente, especialmente para automóveis maiores, mesmo com o endurecimento das regras sobre parcerias industriais naquele país. Nesse sentido, portanto, a decisão da Ford refletiu uma situação de mercado de rápida mudança de perspectiva.

Planos estratégicos de multinacionais automotivas são, usualmente, concebidos para orientar projetos das empresas no decorrer de um período de cinco a dez anos. No caso da Ford, essa mudança de rota resultou no completo abandono da sua estrutura produtiva pouco tempo depois de ter modernizado, por exemplo, sua planta em Camaçari, o que sugere um peso dos investidores (fundos de investimento de curto prazo, sobretudo) nessas decisões e a fragilidade institucional no cumprimento das contrapartidas como a geração e a preservação de empregos, almejadas por sindicatos por ocasião do Programa Inovar-Auto, como nesse trecho de entrevista:

> [...] É que começou uma política industrial também! E a questão do Inovar (Auto) é importante porque você não desequilibra a importação e a exportação, e essa proposta é daqui da casa, do nosso sindicato. Ela sai da nossa casa aqui (a proposta) e nós jogamos para o governo federal e, quando o Lula ganha, o mais importante é que a política industrial, que é um dos carros-chefes do Brasil... Um dos

> carros-chefes do Brasil, as indústrias têm uma discussão muito grande de política industrial e isso faz gerar emprego pra caramba. Aqui, só pegando 2007, 2011, 2012, a Volks pegando (trabalhadores), Mercedes pegando, toda a cadeia começou a produzir porque você tem que fazer o carro aqui no Brasil também[2] [...].

A segunda conclusão aponta para o próprio enquadramento do Brasil dentro da tipologia formulada por Nölke e Clarr (2013) e Nölke *et al.* (2014). O modelo foi elaborado para classificar Estados-Nacionais e suas economias, não movimentos de atores econômicos específicos, especialmente multinacionais que têm controle acionário pulverizado entre investidores de diversas partes do mundo. No entanto, a chave para apreender adequadamente a ligação entre essas economias nacionais e a ação das corporações está no fluxo representado pelos Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs) (Bandelj, 2002), que estão na essência da variável escolhida para a análise, uma vez que traduzem o grau de transmissão de tecnologias inovadoras e do próprio *catching-up* que as economias emergentes conseguem realizar a partir da relação com setores dinâmicos como o automotivo.

É importante reconhecer as limitações quanto ao exercício de analisar uma multinacional face à tipologia de economias nacionais. Não se pode indicar qualquer falibilidade do modelo proposto por Nölke *et al.* (2014) a partir apenas da Ford, mas, ao se testar a tipologia a partir de um caso, tem-se não apenas um indicativo para uma adaptação em termos institucionais, mas a necessidade de outra escala de análise.

Uma provável saída está nas formulações de Crouch *et al.* (2009); Geppert e Matten (2006) e Morgan e Kristensen (2006). Os trabalhos indicam uma necessidade de avaliar a agência corporativa, especialmente de uma multinacional em contextos nacionais distintos. De acordo com essa leitura, trata-se de estratégia do tipo *cherrypicking*, que permite alguns ajustes de abordagem em relação ao país de origem da empresa. Dessa forma, adaptações nos processos de produção nos países de destino se mostram problemáticas, bem como o retorno às diretrizes centrais depois de iniciadas essas mudanças (Geppert e Matten, 2006). A pressão do mercado de capitais, em busca de resultados e melhores performances, impõe reestruturações contínuas nas subsidiárias. Tal movimento obriga que elas se

2. Colombo, diretor executivo do SMABC e ex-coordenador geral da representação e do CSE na Ford, entrevista realizada pelos autores em 10 mar. 2020.

tornem "clones" das matrizes (Morgan e Kristensen, 2006, p. 1479), dificultando as vantagens das ferramentas locais com os contextos institucionais, o que cria tensões entre matriz e subsidiária (Morgan e Kristensen, 2006). Esse movimento, inclusive, dificulta que subsidiárias alterem configurações institucionais em seu benefício, reorganizando de forma direta a relação montadora-governos (Geppert e Matten, 2006).

Ao alargar-se o entendimento do modelo analítico de Nölke *et al*. (2014) no sentido de compreender efeitos regionais ou setoriais, tomando especificamente o contexto do Brasil, tem-se de certo um enfraquecimento das características locais que aproximariam o país de um modelo em que reside a China. A força institucional do país asiático, somada ao seu enorme mercado consumidor e sua proximidade com outros mercados fortes no sudeste do continente, indicam trajetória divergente do caso brasileiro, pelo menos quando se olha apenas a Ford. Não é possível, porém, extrapolar a análise da corporação norte-americana para outras montadoras de automóveis, porque as estratégias não parecem conformar um modelo único de produtos ou de mercados. Tampouco é plausível apostar na reversão da sua decisão de tratar o Brasil como um mercado consumidor de seus produtos importados, mesmo numa conjuntura de ampliação dos investimentos das montadoras no país. Os investimentos remanescentes da Ford não indica um lócus estrategicamente central para a multinacional. As médias de rendimentos observadas no centro de engenharia da empresa giram em torno de R$ 3 mil, valendo-se ainda de incentivos fiscais do governo sobre a folha salarial, num modelo de trabalho por projeto, sem vínculos duradouros observáveis com a matriz.

Em suma, o que buscamos demonstrar neste capítulo foi que não apenas os modelos nacionais de capitalismo importam, mas que os arranjos institucionais e a agência de multinacionais e governos conduzem subsidiárias para caminhos não unívocos em diferentes contextos. Essa configuração amplia ou reduz os instrumentos de reação das subsidiárias ante conjunturas desfavoráveis, especialmente quando há pressões das matrizes por resultados relativamente uniformizados, como ocorreu com a Ford desde a implementação do plano *Creating Tomorrow Together*, incorrendo em soluções erráticas, ou mesmo na saída definitiva, como no caso brasileiro.

Referências

AGUIAR, Gabriel (2020). Teste: novo Ford Territory tem tamanho (e preço) de SUVs grandes. 09 ago. *Quatro Rodas*. Disponível em: https://quatrorodas.abril.com.br/testes/teste-ford-territory-tem-tamanho-e-preco-de-suvs-grandes/. Acesso em: 01 jul. 2023.

AGUILERA, Ruth V.; JACKSON, Gregory (2010). Comparative and International Corporate Governance. *The Academy of Management Annals*, New York, v. 4, n. 1, p. 485-556, jan.

ALVES, Leandro (2023). GWM começará a produzir em Iracemápolis em 1º de maio de 2024. *Autodata*. 27 abr. Disponível em: https://www.autodata.com.br/noticias/2023/04/27/gwm-comecara-a-produzir-em-iracemapolis-em-1-ordm-de-maio-de-2024/55113/. Acesso em: 07 mar. 2024.

AUTOMOTIVE NEWS (2021). *Ford Give Up From Joint Venture in China*. 04 fev. Disponível em: https://360mozambique.com/lifestyle/drive/ford-give-up-from-joint-venture-in-china/. Acesso em: 19 ago. 2023.

BANDELJ, Nina (2002). Embedded Economies: Social Relations as Determinants of Foreign Direct Investment in Central and Eastern Europe. *Social Forces*, Oxford, v. 81, n. 2, p. 411- 444, dez.

BARRÍA, Cecilia (2021). Por que os preços dos carros dispararam no mundo? 16 nov. *BBC News Brasil*. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/internacional-59294809. Acesso em: 10 set. 2023.

BOYER, Robert (2009). *Teoria da regulação:* os fundamentos. São Paulo: Estação Liberdade.

BOYER, Robert; FREYSSENET, Michel (2001). *Los Modelos Productivos*. Buenos Aires: Grupo Editorial Lumen.

BRADSHER, Keith (2017). Ford's Signal to the Auto World: here comes China. 21 jun. *The New York Times*. Disponível em: https://www.nytimes.com/2017/06/21/business/ford-china-export-focus-mexico.html. Acesso em: 01 jul. 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (2024). É o maior programa de descarbonização da história, afirma Alckmin em cerimônia do Mover. 26 mar. *Gov.br*. Disponível em: https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2024/marco/201ce-o-maior-programa-de-descarbonizacao-da-historia201d-afirma-alckmin-em-cerimonia-do-mover. Acesso em: 29 mar. 2024.

BRITO, José C. A. (1983). Tomada da Ford – o nascimento de um sindicato livre. Petrópolis: Vozes.

CARMO, Marcelo; SACOMANO NETO, Mário; DONADONE, Júlio C. (2019). Financialization in the automotive industry: shareholders, managers, and salaries. *Journal of Economic Issues*, v. 53, n. 3, p. 841-862.

CARNEIRO, Alexandre (2021). No Brasil, 160 cidades podem ficar sem concessionárias Ford. 06 mar. *Auto Papo*. Disponível em: https://autopapo.uol.com.br/noticia/brasil-160-cidades-sem-concessionarias-ford/. Acesso em: 01 jul. 2023.

CHINA DAILY USA (2014). *Ford to expand China R&D: report*. Disponível em: https://usa.chinadaily.com.cn/epaper/2014-03/07/content_17330202.htm. Acesso em: 01 jun. 2023.

CNBC (2018). *Morgan Stanley downgrades Ford and says dividend at risk*. 19 out. Disponível em: https://www.cnbc.com/2018/10/19/ford-shares-fall-after-morgan-stanley-downgrades-it-on-dividend-risk.html. Acesso em: 23 ago. 2023.

COLOMBO, Alexandre (2020). Diretor executivo do SMABC e ex-coordenador geral da representação e do CSE na Ford. *Entrevista aos autores*, 10 mar. 2020.

CROUCH, Colin; SCHRÖDER, Martin; VOELZKOW, Helmut (2009). Regional and sectoral varieties of capitalism. *Economy and society*, v. 38, n. 4, p. 654-678.

DAVIS, Gerald F. (2005). Firms and Environments. *In:* SMELSER, Neil J.; SWEDBERG, Richard (Orgs.). The Handbook of Economic Sociology. Princeton: Princeton University Press, Princeton: Princeton University Press, 2005, p. 478-502.

DICKEN, Peter (2010). Mudança Global – mapeando as novas fronteiras da economia mundial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman.

DULCI, João A. (2015). Desenvolvimento regional e mercado de trabalho em perspectiva comparada: Vale do Paraíba Fluminense e Camaçari (BA). Tese (Doutorado) – IESP, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

EULÁLIO, Alberto.; PASSOS, João F. (2016). *A História de Luta dos Trabalhadores na Ford.* São Bernardo do Campo 1981 a 2016. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo.

FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES (2022). *Anuário FENABRAVE 2021* – O desempenho da distribuição automotiva no Brasil. Disponível em: https://www.fenabrave.org.br/portalv2/Conteudo/anuarios. Acesso em: 06 abr. 2024.

FERRAZ, Yara (2019). Ford recebeu R$ 20 bi em incentivos fiscais no país. *Diário do Grande ABC*. 31 mar. Disponível em: https://www.dgabc.com.br/Noticia/3030396/ford-recebeu-rs-20-bi-em-incentivos-no-pais. Acesso em: 30 mar. 2024.

FORD MOTOR COMPANY (2020). *Ford Motor Company Annual Report on form 10-K for the fiscal year ended December 31, 2011-2020*. Dearborn, Michigan, EUA. Disponível em: https://shareholder.ford.com/Investors/financials/default.aspx. Acesso em: 05 nov. 2025.

FORD MOTOR COMPANY (2023). *Ford Motor Company Annual Report on form 10-K for the fiscal year ended December 31, 2022*. Dearborn, Michigan, EUA. Disponível em: https://shareholder.ford.com/Investors/financials/default.aspx. Acesso em: 05 nov. 2025.

FORD MOTOR COMPANY (2025). *Ford Motor Company Annual Report on form 10-K for the fiscal year ended December 31, 2024*. Dearborn, Michigan, EUA. Disponível em: https://shareholder.ford.com/Investors/financials/default.aspx. Acesso em: 05 nov. 2025.

FORD MOTOR COMPANY (2024). *Yahoo! Finance*. Disponível em: https://finance.yahoo.com/quote/F/holders. Acesso em: 09 mar. 2024.

FORD SALES FIGURES – CHINA MARKET (2024). *Good Car, Bad Car – Automotive Sales Data*. Disponível em: https://www.goodcarbadcar.net/ford-china-sales-figures/. Acesso em: 06 abr. 2024.

GALLAGHER, Kelly S. (2003). Foreign technology in China's automobile industry: implications for energy, economic development, and environment. *China Environment Series*, Washington, v. 6, n. 1, p. 1-18.

GEPPERT, Mike; MATTEN, Dirk (2006). Institutional influences on manufacturing organization in multinational corporations: The "cherrypicking" approach. *Organization Studies*, v. 27, n. 4, p. 491-515.

GERRING, John (2007). *Case study research: Principles and practices*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press.

GUO, Bin; LI, Qiang; CHEN, Xiaoling (2017). The rise to market leadership of a chinese automotive firm: the case of Geely. *In:* MALERBA, Franco;

MANI, Sunil; ADAMS, Pamela (Orgs.). *The Rise to Market Leadership* – New Leading Firms From Emerging Countries. Northhampton: Edward Elgar Publishing Limited, p. 20-42.

HALL, Peter A.; SOSKICE, David (2001). Varieties of Capitalism: The Institutional Foundations of Comparative Advantage. Oxford: Oxford University Press.

HUANG, Xiaoling (2006). Trade and Technology Transfer: The Case of Automobile, Electronic and Telecommunication Sectors in China. *In:* INTERNATIONAL CONFERENCE: WTO, CHINA AND THE ASIAN ECONOMIES, IV: ECONOMIC INTEGRATION AND ECONOMIC DEVELOPMENT, Beijing. *Anais...* Beijing: University of International Business and Economics.

JACKSON, Gregory; DEEG, Richard (2019). Comparing capitalisms and taking institutional context seriously. *Journal of International Business Studies*, London, v. 50, n. 1, p. 4-19, fev.

JETIN, Bruno (2009). Strategies of Internationalisation of Automobile Firms in the new century: a new Leap Forward? *In:* FREYSSENET, Michel (Org.). *The Second Automobile Revolution* – Trajectories of the World Carmakers in the 21st Century. New York: Palgrave Macmillan, p. 38-65.

JORNAL DO CARRO (2020). *Montadoras focam em modelos lucrativos e deixam carros baratos de lado.* 24 nov. Disponível em: https://jornaldocarro.estadao.com.br/carros/montadoras-focam-em-modelos-lucrativos-e-deixam-carros-baratos-de-lado/. Acesso em: 10 set. 2023.

KUTNEY, Pedro (2022). Preços dos carros seguem altos, estratégia é vender menos e lucrar mais. *Motor1.com*. 21 mar. Disponível em: https://motor1.uol.com.br/features/574916/industria-precos-altos-lucro-maior/. Acesso em: 10 set. 2023.

LIMA, Raphael J. C.; SANTOS, Rafael (2021). Forjando a política automotiva brasileira: incumbentes e desafiantes na construção do programa INOVAR-AUTO. *Revista Pós Ciências Sociais*, v. 18, n. 2, p. 355-380.

LIMA, Raphael J. C.; DULCI, João A. (2021). Trabalhando sem a Ford: política industrial e ação corporativa em São Bernardo do Campo. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 36, n. 107, p. e3610709.

LIMA, Raphael J. C.; DULCI, João A. (2023). A trajetória da indústria automotiva no México. João Pessoa. *Revista Política & Trabalho*, v. 1, n. 58.

LUNG, Yannick (2004). The changing geography of the European automobile system. *International Journal of Automotive Technology and Management*, Geneva, v. 4, n. 2-3, p. 137-165, set.

MACLACHLAN, Ian (1992). Plant Closure and Market Dynamics: Competitive Strategy and Rationalization. *Economic Geography*, London, v. 68, n. 2, p.128-145, abr.

MARKETSCREENER (2024). *Ford Motor Company's Stock*. Disponível em: https://www.marketscreener.com/quote/stock/FORD-MOTOR-COMPANY-12542/. Acesso em: 29 mar. 2024.

MELO, Luísa (2014). Por dentro da fábrica da Ford em Camaçari, na Bahia. 18 jun. *Revista Exame*. Disponível em: https://exame.com/negocios/por-dentro-da-fabrica-da-ford-em-camacari-na-bahia/. Acesso em: 15 mar. 2024.

MORENO, Thiago (2023). Ford assina com governo da Bahia e libera fábrica de Camaçari para a BYD. 04 out. *Motor1.com*. Disponível em: https://motor1.uol.com.br/news/689915/ford-bahia-camacari-fabrica-byd/. Acesso em: 08 out. 2023.

MORGAN, Glenn (2005). Introduction. *In:* MORGAN, Glenn; WHITLEY, Richard; MOEN, Eli (Orgs.). *Changing Capitalisms? – Internationalization, Institutional Change, and Systems of Economic Organization*. New York: Oxford University Press, p. 1-18.

MORGAN, Glenn (2007). The theory of comparative capitalisms and the possibilities for local variation. *European Review*, Cambridge, v. 15, n. 3, p. 353-371, jun.

MORGAN, Glenn; KRISTENSEN, Peer H. (2006). The contested space of multinationals: Varieties of institutionalism, varieties of capitalism. *Human Relations*, London, v. 59, n. 11, p. 1467-1490, nov.

MURPHY, Colum (2014). *In:* China, Auto Boom Fuels Workers' Aspirations Ford, GM and Foreign Car Makers Find it Harder to Attract and Retain Skilled Chinese. *The Wall Street Journal*, New York. Disponível em: https://www.wsj.com/articles/chinese-auto-workers-yearn-for-more-1404237512. Acesso em: 01 jul. 2023.

NEE, Victor; SWEDBERG, Richard (2005). Introduction. *In:* NEE, Victor; SWEDBERG, Richard. *The Economic Sociology of Capitalism.* Princeton: Princeton University Press, p. 35-47.

NÖLKE, Andreas; CLARR, Simone (2013). Varieties of Capitalism in Emerging Economies. *Transformation:* Critical Perspectives on Southern Africa, 81/82, p. 33-54.

NÖLKE, Andreas; BRINK, Tobias T.; CLARR, Simone; MAY, Christian (2014). Domestic Structures, Foreign Economic Policies and Global Economic Order: Implications from the Rise of Large Emerging Economies. *European Journal of International Relations*, London, v. 21, n. 3, p. 538-567, nov.

NÖLKE, Andreas (2021). In search of institutional complementarities: Comparative Capitalism and economic policy reform. *Journal of Economic Policy Reform*, v. 24, n. 4, p. 405-412, set.

NORTON, Peter (2023). *Autonorama:* uma história sobre carros "inteligentes", ilusões tecnológicas e outras trapaças da indústria automotiva. São Paulo: Autonomia Literária.

OLMOS, Marli (2024). Stellantis vai investir R$ 30 bilhões no Brasil nos próximos 5 anos. 06 de março de 2024. *Valor Econômico*. Disponível em: https://valor.globo.com/empresas/noticia/2024/03/06/stellantis-vai-investir-r-30-bilhoes-no-brasil-nos-proximos-5-anos. Acesso em: 23 mar. 2024.

ORTIZ, Diego; AQUINO, Vagner (2020). Montadoras focam em modelos lucrativos e deixam carros baratos de lado. 24 de novembro de 2020. *Estadão*.

PAVLÍNEK, Petr (2015). The impact of the 2008-2009 crisis on the automotive industry: global trends and firm-level effects in Central Europe. *European Urban and Regional Studies*, London, v. 22, n. 1, p. 20-40, nov.

PAVLÍNEK, Petr; ALÁEZ-ALLER, Ricardo; GIL-CANALETA, Carlos (2017). Foreign Investment and the Development of the Automotive Industry in East-Central Europe. *European trade union institute*. [online] Brussels, [Working Paper, 2017.03].

PUPO, Fábio; OLMOS, Marli (2018). Sem consenso entre Fazenda e MDIC, Rota 2030 trava e Temer deve intervir. 10 jan. *Valor Econômico*. Disponível em: https://valor.globo.com/brasil/noticia/2018/01/10/sem-consenso-en-

tre-fazenda-e-mdic-rota-2030-trava-e-temer-deve-intervir.ghtml. Acesso em: 20 ago. 2025.

ROOT, Al (2023). Which Detroit Auto Stock Is the Best? Not Ford, Analyst Says. Opt for This One Instead. 31 jul. *Barron's*. Disponível em: https://www.barrons.com/articles/ford-chrysler-stellantis-gm-auto-stock-price--downgrade-59351097. Acesso em: 11 set. 2023.

RUTHERFORD, Mike (2017). The Global Car Manufacturing Wage Gap: what do car factories workers earn? 22 mar. *Auto Express*. Disponível em: https://www.autoexpress.co.uk/car-news/98986/the-global-car-manufacturing-wage-gap-what-do-car-factory-workers-earn. Acesso em: 01 jul. 2023.

SCHNEIDER, Ben R. (2009). Hierarchical market economies and varieties of capitalism in Latin America. *Journal of Latin American Studies*, New York, v. 41, n. 3, p. 553-575, ago.

SCHWABE, Julian (2020). From "obligated embeddedness" to "obligated Chineseness"? Bargaining processes and evolution of international automotive firms in China's New Energy Vehicle sector. *Growth and Change*, Hoboken, v. 51, n. 3, p. 1102-1123, jul.

SODRÉ, Eduardo (2020). BNDES tem desapontado em ajuda, diz presidente da Ford. 31 ago. *Folha de São Paulo*. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2020/08/bndes-tem-desapontado-em-ajuda-diz-presidente-da-ford.shtml. Acesso em: 16 out. 2023.

SUN, Yilei; GOH, Brenda (2021). Ford ends EV plans with Zotye. 04 fev. Automotive News China, *Automotive News*. Disponível em: https://www.autonews.com/china/ford-ends-ev-plans-zotye. Acesso em: 01 jul. 2023.

THE WALL STREET JOURNAL (2014). *Ford to Expand China Research--and-Development Facility*. 05 mar. Disponível em: https://www.wsj.com/articles/SB10001424052702304585004579420143847829948. Acesso em: 01 jun. 2023.

THELEN, Kathleen (2004). How Institutions Evolve – The political economy of skills in Germany, Britain, The United States, and Japan. Nova York: Cambridge University Press.

VALOR ECONÔMICO (2018). *Sem consenso entre Fazenda e MDIC, Rota 2030 trava e Temer deve interagir*. 10 ago. Disponível em: https://valor.glo-

bo.com/brasil/noticia/2018/01/10/sem-consenso-entre-fazenda-e-mdic-rota-2030-trava-e-temer-deve-intervir.ghtml. Acesso em: 23 mar. 2024.

VAZ, Tatiana (2018). Proposta da Fazenda para Rota 2030 não é tão boa, diz Ford. 25 abr. *Folha de São Paulo*. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/04/proposta-da-fazenda-para-rota-2030-nao-e-tao-boa-diz-ford.shtml. Acesso em: 09 set. 2023.

VEJA NEGÓCIOS (2024). *Três anos depois de fechar suas fábricas, Ford retoma fôlego no Brasil*. 08 jun. Disponível em: https://veja.abril.com.br/economia/tres-anos-depois-de-fechar-suas-fabricas-ford-retoma-folego-no-brasil/. Acesso em: 04 mar. 2025.

ADAPTAÇÕES LOCAIS DE UMA ESTRATÉGIA GLOBAL: a implementação da *Reimagine* pela Jaguar Land Rover [1]

Lucas do Amaral Afonso

Introdução

O setor automotivo global enfrenta uma conjuntura marcada por desafios inéditos. Entre eles, destacam-se a descarbonização, a aceleração da transformação digital e a intensificação da competição tecnológica. Esses fatores têm redirecionado as estratégias das empresas estabelecidas e testado a resiliência das cadeias produtivas globais. Tais tendências vão além dos imperativos regulatórios e ambientais, impactando diretamente a reconfiguração dos padrões de consumo e das dinâmicas de inovação no setor.

Nesse contexto de desafios contemporâneos para o setor automotivo, a Jaguar Land Rover (JLR) se torna um caso ilustrativo das respostas corporativas às novas pressões econômicas e ambientais. Ao lançar, em 2021, a estratégia *Reimagine*, a empresa passou a articular sua tradição industrial a uma agenda de eletrificação, neutralidade de carbono e digitalização, buscando reinterpretar o conceito de "luxo automotivo" frente às exigências de sustentabilidade e à competição tecnológica. A trajetória institucional da JLR ajuda a compreender essa inflexão: trata-se da fusão de duas marcas britânicas históricas, unificadas em 1968 pela British Leyland Motor Corporation Ltd., posteriormente integradas à Ford Motor Company em 2001 e, desde 2008, pertencentes ao grupo indiano Tata. Essa mudança de controle ampliou a autonomia local e estimulou processos internos de reorganização, inclusive no Brasil, onde ex-funcionários

1. Gostaria de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado que possibilitou a realização desta pesquisa. Também agradeço à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo financiamento do trabalho de campo, no âmbito do projeto coordenado sob a orientação do Prof. Dr. Raphael Jonathas da Costa Lima.

da Ford, Jaguar, Land Rover, Aston Martin e Volvo participaram da formação de novos escritórios e redes de cooperação sob gestão do grupo Tata (Afonso, 2024).

A instalação da unidade de produção da Jaguar Land Rover (JLR) em Itatiaia, no sul do estado do Rio de Janeiro, representa uma decisão estratégica fundamentada em múltiplos fatores. A proximidade com a Rodovia Presidente Dutra garante acesso logístico eficiente, enquanto políticas de incentivo industrial e o contexto favorável do programa Inovar-Auto estimularam o investimento no país (Lima e Santos, 2021; Afonso, 2024). Projetada para atender aos padrões globais de manufatura, a planta incorpora arquitetura funcional e layout produtivo voltado à eficiência operacional. Além disso, a escolha por Itatiaia reflete o interesse da JLR em integrar-se a um polo automotivo regional em expansão, caracterizado pela presença de diversas montadoras e por uma rede consolidada de fornecedores e serviços especializados (Afonso, 2024).

Com o *Reimagine*, a JLR estabelece um conjunto de transformações voltadas à adaptação das suas operações às exigências contemporâneas de sustentabilidade, inovação e eficiência produtiva. O plano envolve a reestruturação das fábricas, a adoção de plataformas específicas para veículos elétricos e o fortalecimento de parcerias com fornecedores que atendam a critérios ambientais e tecnológicos. As metas são definidas de forma centralizada e reinterpretadas conforme o contexto produtivo e regulatório de cada país, o que evidencia a coexistência de diferentes ritmos e capacidades de implementação dentro de uma mesma estratégia global.

O plano reflete uma tentativa de associar a noção de "luxo moderno" a práticas de sustentabilidade e inovação, combinando renovação industrial, diferenciação de marca e "compromisso ambiental" (JLR, 2021). Na prática, isso envolve a reorganização das fábricas, a adoção de plataformas específicas para veículos elétricos e o fortalecimento de parcerias com fornecedores capazes de atender a critérios de rastreabilidade e eficiência energética. As metas ambientais e tecnológicas são definidas de forma centralizada e adaptadas conforme o contexto produtivo e regulatório de cada país, o que torna essa estratégia um projeto de longo prazo que articula ambições globais e desafios locais de implementação.

Para analisar como a estratégia *Reimagine* da JLR se adapta a diferentes contextos nacionais, este capítulo utiliza o referencial das Variedades de Capitalismo (VoC), desenvolvido por Hall e Soskice (2001) e ampliado por

autores como Morgan (2015), Schneider (2013) e Nölke (2014). Esse arcabouço teórico permite compreender de que forma os regimes institucionais de cada país influenciam as práticas empresariais, mostrando que multinacionais como a JLR não apenas replicam diretrizes globais, mas também as ajustam às especificidades locais.

Este capítulo busca compreender como a estratégia *Reimagine* é implementada em diferentes contextos locais, analisando um conjunto restrito de iniciativas corporativas observáveis. O foco está em interpretar os significados e as implicações institucionais dessas ações, evidenciando como diretrizes globais são adaptadas diante de condições econômicas, políticas e organizacionais específicas. Para isso, mobiliza-se a literatura das Variedades de Capitalismo como referência teórica, mas o olhar se desloca do plano estrutural para o relacional, tratando a implementação da *Reimagine* como um processo negociado, permeado por disputas e acomodações entre atores locais e globais.

Metodologicamente, este capítulo fundamenta-se na análise de ações institucionais, comunicados corporativos e relatórios públicos da JLR. O foco está na identificação de iniciativas, instrumentos e diretrizes vinculadas à estratégia em questão, examinando como essas práticas refletem processos de adaptação interna e coordenação global. Assim, busca-se compreender de que maneira a diversidade institucional influencia a implementação de estratégias globais em corporações multinacionais.

O quadro comparativo apresenta, para cada país analisado, (i) a variedade de capitalismo predominante; (ii) os principais dispositivos institucionais acionados na implementação da *Reimagine* (como coordenação por mercado no Reino Unido, governança intragrupo na Índia, redes público-privadas no Brasil ou planejamento estatal na China); (iii) e a natureza das parcerias entre Estado e empresa. Também reúne os resultados esperados em termos de eletrificação, pesquisa e desenvolvimento (P&D) e organização das cadeias de suprimento. Esse quadro foi elaborado para evidenciar mecanismos recorrentes e contrastes entre contextos centrais e periféricos, facilitando a compreensão das adaptações estratégicas da Jaguar Land Rover em diferentes ambientes institucionais.

O recorte temporal acompanha a vigência da *Reimagine* (2021 – 2025), com eventuais referências anteriores quando necessárias à contextualização. A seleção dos países varia ao longo do eixo "Economias de Mercado Liberais (LMEs)/Economias de Mercado Coordenadas (CMEs)/Econo-

mias de Mercado Hierárquico (HMEs)/Economias de Mercado Orientadas pelo Estado (SMEs)/Economias de Mercado Dependentes (DMEs)", sem pretensão de cobertura global.

A discussão não tem caráter estatístico nem busca realizar um levantamento exaustivo dos projetos existentes. A análise baseia-se principalmente em fontes públicas e institucionais, reconhecendo o risco de viés decorrente da divulgação corporativa. Para mitigar esse risco, foi adotada a triangulação de dados, combinando diferentes tipos de fontes e perspectivas. O conceito de "dispositivo institucional" é utilizado como ferramenta analítica intermediária, conectando o arcabouço teórico das Variedades de Capitalismo (VoC) às práticas organizacionais observáveis. O caso brasileiro recebe destaque devido à maior disponibilidade de dados qualitativos, mas essa ênfase não implica que suas conclusões possam ser automaticamente generalizadas para outros contextos analisados.

Variedades de Capitalismo (VoC)

O debate sobre Variedades de Capitalismo (*Varieties of Capitalism*, VoC) tornou-se fundamental para a compreensão das diferenças institucionais entre economias globais. O paradigma VoC foi inicialmente apresentado por Hall e Soskice (2001), que ofereceram uma estrutura teórica para analisar como distintas formas institucionais geram padrões específicos de coordenação econômica, desempenho e vantagem comparativa entre "economias desenvolvidas".

O modelo binário desses autores distingue as economias de mercado liberais (*Liberal Market Economies*, LMEs) das economias de mercado coordenadas (*Coordinated Market Economies*, CMEs). Nas LMEs, como Estados Unidos e Reino Unido, a coordenação entre empresas é majoritariamente mediada por mercados competitivos e contratos formais, com elevada mobilidade de mão de obra e mercados financeiros desenvolvidos. Já nas CMEs, exemplificadas por Alemanha e Suécia, a coordenação ocorre por meio de redes densas de relações colaborativas, negociação coletiva e instituições que sustentam compromissos de longo prazo entre empresas, trabalhadores e demais atores sociais.

A abordagem VoC destaca a existência de "complementaridades institucionais", segundo as quais a presença de determinadas instituições incentiva o desenvolvimento de outras com lógicas compatíveis; por exemplo, mer-

cados de trabalho flexíveis coexistem com sistemas de educação voltados para habilidades gerais nas LMEs, enquanto negociações salariais coordenadas e treinamento específico predominam nas CMEs. Essa articulação institucional resulta em padrões distintos de inovação: LMEs tendem ao protagonismo em inovações radicais, enquanto CMEs favorecem a inovação gradativa.

Embora o modelo binário tenha se mostrado eficiente para analisar algumas situações, críticas apontam para sua insuficiência em captar toda a diversidade capitalista, sobretudo fora do eixo da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Pesquisadores têm identificado variações como o "capitalismo mediterrâneo" e categorias adaptadas para economias da Ásia, América Latina e Leste Europeu. Morgan (2007), por exemplo, destaca a necessidade de ampliar o escopo comparativo da VoC, incorporando práticas institucionais diversas e reconhecendo trajetórias nacionais singulares, sobretudo frente à globalização e à financeirização contemporânea.

O campo da economia política comparada expandiu os horizontes da VoC ao investigar os impactos de fatores políticos, relações de poder e sistemas de partido na configuração das instituições econômicas. Em vez de focar apenas nos aspectos econômicos, analisa-se como a competição partidária, coalizões de interesse e estruturas estatais interagem com mecanismos de coordenação e escolha empresarial, provocando variações institucionais que desafiam a rigidez das tipologias originais.

O institucionalismo dinâmico é uma resposta às limitações de modelos estáticos. Hall e Gingerich (2009) argumentam que instituições não permanecem inalteradas, sendo alvo de processos incrementais e conflitos distributivos impulsionados por atores estatais e empresariais. Assim, transformações institucionais podem decorrer tanto de reformas formais quanto de adaptações informais, desencadeadas pela redefinição estratégica das empresas em função de pressões internas ou externas.

Globalização, integração de mercados e difusão de práticas de governança corporativa estabelecem incentivos para mudanças em direção a modelos organizacionais e regulatórios mais flexíveis, sobretudo em países tradicionalmente associados às CMEs. No entanto, pesquisas mostram que a convergência não é completa: as bases institucionais nacionais persistem, conferindo resiliência às estruturas locais e permitindo o surgimento de modelos híbridos, combinando elementos globais e locais. Fatores histórí-

cos, culturais e políticos sustentam a diversidade entre modelos de capitalismo (Kuznetsov e Jacob, 2015; Kornelakis, 2011; Acemoglu *et al*., 2020).

Até mesmo Hall e Soskice (2001) reconhecem os limites da convergência institucional. Para os autores, as bases nacionais continuam sendo fundamentais na sustentação de diferentes formas de coordenação econômica, mesmo diante de fortes vetores de integração internacional. Por fim, demonstram que as transformações institucionais tendem a ser inerciais e altamente dependentes da trajetória histórica. Isso significa que, mesmo em face de mudanças globais significativas, as instituições frequentemente persistem, em vez de convergirem para um padrão único.

Em síntese, as forças da globalização e da integração econômica internacional promovem, de fato, processos de adaptação institucional. No entanto, essas mudanças dificilmente eliminam as especificidades nacionais, as trajetórias históricas e os legados políticos. O resultado é a convivência de modelos institucionais puros, híbridos e mistos, revelando o caráter contingente e incompleto da convergência nas variedades de capitalismo.

Por fim, o papel da agência empresarial na reconfiguração institucional indica que as empresas não são meramente adaptativas, elas são protagonistas de experimentação e transformação institucional, ajustando suas estratégias diante de mudanças no ambiente econômico, tecnológico e regulatório. Esta perspectiva valoriza a ação estratégica, a aprendizagem institucional e a capacidade de inovação não somente tecnológica, mas organizacional, desafiando a visão determinista dos modelos tradicionais. Em síntese, os debates atuais sobre Variedades de Capitalismo avançaram substancialmente desde Hall e Soskice (2001), incorporando complexidade, contingência histórica e agência, e apontando para uma compreensão mais plural e dinâmica do capitalismo contemporâneo.

Estratégias corporativas e adaptação institucional

Autores como Knights e Morgan (1990) criticam a apropriação do conceito de estratégia na sociologia, por desconsiderar os seus efeitos sociais específicos. Isso é especialmente notável nas áreas militar e empresarial, nas quais a estratégia desempenha um papel significativo na reprodução de relações de poder hierárquicas. De acordo com os autores, o conceito de estratégia não é neutro nem desprovido de implicações sociais e políticas; pelo contrário, precisa ser visto como um mecanismo de poder que justifica

e reforça hierarquia e dominação, legitimando a autoridade e o controle das elites sobre outros atores.

Knights e Morgan (1990) argumentam que a estratégia, embora relevante para análise teórica, não deve ser utilizada como ferramenta explicativa universal para fenômenos sociais. Em vez de aceitar passivamente que a estratégia molda subjetividades e relações sociais, é fundamental analisar como ela pode ser contestada e transformada por diferentes atores. No contexto das multinacionais, isso implica reconhecer que as estratégias corporativas não são neutras: elas influenciam e são influenciadas por relações desiguais nos ambientes locais onde atuam. Portanto, ao analisar estratégias empresariais, é necessário considerar seus efeitos sobre inovação, sustentabilidade e governança, especialmente quando reforçam hierarquias ou afetam a participação de atores locais. Por exemplo, a implementação de uma estratégia global pode ser reinterpretada por subsidiárias, gerando conflitos ou adaptações que refletem as especificidades institucionais de cada país.

Esse enfoque torna-se ainda mais relevante quando analisamos empresas multinacionais, que operam em múltiplos contextos institucionais e culturais. Como argumenta Morgan (2007), tais empresas se adaptam a diferentes ambientes regulatórios e, com isso, contribuem ativamente para moldá-los, gerando dinâmicas de hibridização institucional. Essa negociação constante reforça a importância de se entender as multinacionais como atores enraizados em múltiplos campos nacionais.

As multinacionais formulam e executam estratégias em ambientes marcados por tensões entre diretrizes globais e restrições institucionais locais. A literatura sobre Variedades de Capitalismo tem sido fundamental para entender como essas empresas se adaptam a diferentes contextos institucionais, impactando inovação, competitividade e relações de trabalho. Schneider e Paunescu (2012) demonstram que as instituições nacionais influenciam os caminhos possíveis para a inovação tecnológica, ao relacionarem sistemas institucionais a vantagens comparativas. Schneider (2010) destaca que, em países como o Brasil, onde a coordenação estatal e as políticas industriais são instáveis, a execução das estratégias empresariais depende de acordos contingentes — negociações flexíveis com governos, fornecedores e outros atores locais. De modo semelhante, Morgan, Doering e Gomes (2021) argumentam que, em economias emergentes, as estratégias empresariais não seguem modelos estáveis, mas são moldadas por coalizões específicas e trajetórias políticas nacionais. A presença de políticas industriais

intermitentes, heterogeneidade regulatória e assimetrias de poder entre os atores limita a previsibilidade e exige adaptações mais profundas por parte das multinacionais, o que pode tanto representar desafios quanto oportunidades para inovação e desenvolvimento local.

Na tentativa de adaptar o conceito de VoC à realidade latino-americana, Schneider (2009) elaborou a tipologia das "Economias de Mercado Hierárquicas" (HMEs). A ideia central é que os países da região se distinguem pela predominância de grandes grupos empresariais diversificados e pela forte presença de multinacionais, que estruturam suas relações de forma verticalizada. Esse padrão contrasta com os arranjos cooperativos típicos das economias de mercado coordenadas, como a alemã, e com a dinâmica liberal dos Estados Unidos e do Reino Unido.

Schneider (2009, 2013) destaca ainda que os países latino-americanos apresentam mercados de trabalho altamente segmentados, com altos índices de informalidade e baixa qualificação da força de trabalho, além de instituições frágeis de representação coletiva. O resultado é um capitalismo no qual predomina a hierarquia dentro das firmas e entre elas, com um Estado que atua como regulador parcial, mas sem a capacidade de construir mecanismos de coordenação coletiva robustos. Embora sua proposta seja importante por evidenciar especificidades regionais, ela é frequentemente considerada "descritiva demais", sem explicar de forma convincente os mecanismos que sustentariam um equilíbrio institucional de longo prazo.

Por outro lado, baseado na mesma necessidade de preencher uma lacuna na literatura sobre VoC, Nölke *et al.* (2019) buscaram expandir o escopo do conceito para incluir países emergentes. Para isso, desenvolveram a noção de "Economia de Mercado Orientada pelo Estado" com foco em "grandes economias emergentes". Nessas interpretações, a ênfase recai sobre a centralidade do Estado na coordenação econômica, seja por meio de políticas industriais, bancos públicos de fomento ou empresas estatais estratégicas. Diferentemente de Schneider, Nölke *et al.* (2019) entendem que a dinâmica institucional desses países depende menos da hierarquia empresarial e mais da articulação entre Estado e economia global.

No caso brasileiro, essa lógica é visível, por exemplo, na atuação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), no papel central de estatais como a Petrobras e nas parcerias público-privadas que sustentam a infraestrutura e a indústria de base. Além disso, a dependência tecnológica de multinacionais em setores estratégicos, como o automoti-

vo e o eletrônico, reforça o caráter híbrido desse capitalismo, que combina forte permeabilidade estatal com inserção subordinada em cadeias globais de valor. Para Nölke (2014) e Nölke *et al*. (2019), os países emergentes não reproduzem apenas versões "imperfeitas" das variedades clássicas, mas configuram um tipo próprio de capitalismo.

Comparando as duas abordagens, enquanto Schneider (2009, 2013) procura construir uma categoria específica para a América Latina, Nölke (2014) e Nölke *et al*. (2019) oferecem uma estrutura mais abrangente, ao incluir o Brasil em um grupo de grandes economias emergentes e ao destacar o papel do Estado e da inserção dependente nas cadeias globais de valor. Enquanto o primeiro descreve hierarquias internas das firmas latino-americanas, os outros autores fornecem um modelo analítico mais robusto para explicar a inserção desses países no capitalismo global contemporâneo. Ainda assim, cabe afirmar que, embora esses autores tragam alguns avanços na proposta do VoC para a adequação ao Sul Global, nenhuma das duas abordagens conseguiu resolver o problema da falta de uma estrutura analítica que considere as especificidades do desenvolvimento econômico dos Estados latino-americanos.

A ausência de pactos duradouros e a volatilidade institucional impõem às subsidiárias o desafio de ajustar continuamente suas práticas às mudanças no ambiente regulatório e nas prioridades políticas. Para compreender os desdobramentos concretos dessa instabilidade, especialmente na forma como decisões estratégicas são implementadas, a perspectiva da micropolítica organizacional se mostra metodologicamente frutífera. A abordagem micropolítica (Dörrenbächer e Geppert, 2009; Afonso, 2024) permite investigar como estratégias globais são negociadas, traduzidas e disputadas no interior das subsidiárias, revelando conflitos cotidianos, disputas de poder e acomodações institucionais que frequentemente escapam às análises macroinstitucionais.

Nesse sentido, Afonso (2024) analisa os conflitos micropolíticos no interior de uma multinacional a partir do caso da JLR no Brasil. A pesquisa mostra como o processo de *turnaround* na planta brasileira envolveu disputas entre diferentes grupos internos, resistência de lideranças locais e reconfigurações nas relações com fornecedores e governos regionais. *Turnaround* é o termo utilizado para descrever um momento de crise e reorganização em que a subsidiária busca reverter uma decisão corporativa de encerramento e restabelecer sua posição dentro da estrutura global da empresa. Esse pro-

cesso inclui negociações internas, redefinições de papéis e realinhamentos estratégicos, nos quais a continuidade da operação depende da capacidade dos atores locais de mobilizar recursos e legitimidade junto à matriz. Isso evidencia que a estratégia não é simplesmente implementada, mas relacionalmente construída em campos institucionais fragmentados.

Nos países centrais, como o Reino Unido, onde a JLR mantém sua sede, a *Reimagine* é fortemente influenciada por pressões de sustentabilidade e de governança corporativa vindas de investidores institucionais, agências reguladoras e consumidores. Morgan (2015) observa que as estratégias empresariais são moldadas pelas interações entre elites econômicas, estruturas institucionais e processos políticos que definem os regimes de coordenação do capitalismo. Nessa perspectiva, a consolidação de práticas corporativas em torno da agenda ESG (sigla em inglês para *Environmental, Social and Governance*, que reúne princípios de responsabilidade ambiental, social e de governança) depende de decisões internas das empresas e das formas de regulação e das expectativas de legitimidade construídas nos contextos institucionais onde essas estratégias são formuladas.

Por outro lado, em países como Índia e China, o Estado exerce papel central na indução do investimento industrial e tecnológico, o que exige da JLR uma reelaboração estratégica alinhada aos objetivos de política pública nacional. Segundo Morgan (2011), em regimes de capitalismo estatal, o Estado atua tanto como facilitador quanto como condicionante das estratégias empresariais, influenciando diretamente as decisões corporativas. Nesses contextos, a implementação da *Reimagine* pela JLR envolve mecanismos como incentivos fiscais, formação de *joint ventures* com empresas locais e acordos de transferência tecnológica (formas institucionais específicas que não encontram paralelo em mercados mais liberais).

As formas de governança local também são impactadas por essa heterogeneidade. Acemoglu *et al*. (2020) enfatizam que mudanças institucionais não ocorrem de forma linear: elas dependem de trajetórias prévias e da capacidade de atores locais influenciarem o desenho das políticas. Isso significa que a estratégia da JLR pode reforçar padrões de governança já estabelecidos, como conselhos de desenvolvimento regionais no México. Ou, ao contrário, gerar desorganização ou crise institucional onde os arranjos estão mais instáveis, como é o caso do *turnaround* da JLR no Brasil.

A instabilidade do *turnaround* da JLR no Brasil, conforme demonstrado em Afonso (2024), resulta de fatores internos e institucionais. No âmbi-

to interno, a reversão da ameaça de fechamento da fábrica foi viabilizada por uma colaboração temporária entre grupos com interesses distintos — o grupo da fábrica e o do escritório. Após o êxito nas negociações, esses grupos retomaram a disputa por espaço e influência, o que impediu a consolidação de uma estrutura de poder estável na subsidiária. No contexto externo, a volatilidade das políticas industriais brasileiras, os incentivos fiscais condicionados e as frequentes alterações nas regras de importação (como ocorreu com o programa Inovar-Auto) geraram um ambiente de incerteza para decisões de longo prazo. Dessa forma, o *turnaround* permaneceu dependente de acordos pontuais e lideranças locais, sem o respaldo institucional necessário para garantir a continuidade e previsibilidade das operações.

O *turnaround* resultou na continuidade das operações da JLR em Itatiaia, mas sem resolver as causas estruturais da crise que havia colocado em dúvida a permanência da planta no país. Essa crise decorreu da combinação entre baixa escala produtiva, dependência de componentes importados e incertezas geradas pela transição das políticas industriais brasileiras, o que reduziu a atratividade econômica da operação (Afonso, 2024). A reversão da decisão da matriz foi alcançada por meio de um esforço intenso de adaptação local, conduzido por gerentes e engenheiros que apresentaram propostas de redução de custos, otimização da linha produtiva e criação de projetos paralelos, como o Onçafari e a Clínica de Restauração, voltados a reforçar a imagem ambiental e social da empresa no Brasil. Essas iniciativas foram decisivas para demonstrar à matriz a viabilidade operacional, mas não resultaram em maior autonomia decisória nem em integração produtiva estável com fornecedores nacionais.

Quando a *Reimagine* foi lançada em 2021, a situação da subsidiária brasileira evidenciava as limitações de um processo de reestruturação conduzido em bases conjunturais. Enquanto o *turnaround* se concentrou na sobrevivência imediata da operação, a *Reimagine* introduziu uma lógica de transformação tecnológica e organizacional de longo prazo, baseada na eletrificação e na digitalização. Essa mudança exigia capacidades técnicas e institucionais que extrapolavam o alcance da planta de Itatiaia, que continuava dependente de peças importadas[2] e de decisões tomadas no Reino Unido.

2. A unidade da Jaguar Land Rover em Itatiaia (RJ) opera sob o regime CKD (*Completely Knocked Down*), caracterizado pela montagem local de componentes previamente importados. Esse formato produtivo demanda menor integração vertical e reduz o número de empregados diretos em comparação a plantas de manufatura completa (*full manufacturing*), que incluem estamparia, pintura e soldagem.

A comparação entre esses dois momentos evidencia a diferença entre uma resposta local de curto prazo e uma estratégia corporativa de alcance global. O *turnaround* mostra como a subsidiária brasileira atuou de forma reativa, negociando espaço dentro das margens possíveis de decisão, enquanto a *Reimagine* reposicionou a JLR como uma empresa voltada à inovação e à sustentabilidade, redefinindo parâmetros que o contexto brasileiro ainda não conseguia acompanhar. Essa distância explica por que, mesmo após evitar o fechamento da fábrica, a operação de Itatiaia permaneceu vulnerável a novas rodadas de ajuste e revisão estratégica, expressando a tensão permanente entre dependência global e capacidade local de adaptação (Afonso, 2024).

Como argumenta Afonso (2024), a ausência de pactos duradouros e de uma institucionalidade industrial forte no Brasil dificultou a ancoragem local da estratégia. Nesse contexto, o *turnaround* reconfigurou relações de poder dentro da subsidiária e no ecossistema regional, produzindo efeitos sobre a sustentabilidade do investimento e a capacidade de coordenação local no médio prazo.

Neste sentido, é preciso considerar que multinacionais carregam consigo repertórios organizacionais e padrões de gestão que pressionam por convergência. Kornelakis (2011) e Kuznetsov e Jacob (2015) mostram que, mesmo diante de ambientes distintos, existe um núcleo de práticas corporativas que se estabiliza globalmente. No entanto, ao serem implementadas localmente, essas práticas se hibridizam, gerando combinações inéditas entre normas corporativas, instituições nacionais e práticas cotidianas.

Essa perspectiva de hibridização e variação localizada reforça a necessidade de compreender a estratégia como uma prática institucionalizada, moldada por disputas e acomodações entre atores. Morgan (2007) propõe uma observação atenta sobre como as empresas articulam suas ações em campos de poder com lógicas concorrentes. No caso da JLR, isso significa que a *Reimagine* não é simplesmente aplicada de maneira uniforme, mas ganha sentido em função das relações que a empresa estabelece com governos, sindicatos, fornecedores e consumidores em cada território.

A Estratégia Reimagine da Jaguar Land Rover

Lançada em 2021, a estratégia *Reimagine* representa um marco na trajetória da JLR, ao reposicionar a empresa para enfrentar os desafios contemporâ-

neos do setor automotivo. Fundamentada no conceito de luxo moderno aliado à sustentabilidade, essa reestruturação profunda integra a transição energética — com foco na eletrificação dos veículos e na neutralidade de carbono — e promove avanços tecnológicos, como a digitalização dos processos produtivos e a adoção de inteligência artificial. Além disso, a *Reimagine* impulsiona mudanças culturais internas, incentivando a capacitação das equipes e a redefinição dos valores corporativos. Com essas iniciativas, a JLR busca consolidar um novo padrão de competitividade global, alinhado às demandas de inovação e responsabilidade socioambiental.

A *Reimagine* redefine o que a JLR apresenta como "objetivos corporativos", sobretudo ao centralizar a eletrificação dos veículos, descarbonização das operações e digitalização das experiências do consumidor. Sob a liderança de Thierry Bolloré, o plano estabelece metas ambiciosas, como a eletrificação total da marca Jaguar até 2025 e a neutralidade de carbono em toda a cadeia de valor até 2039 (Forbes, 2023; Forbes, 2024a). Antes do seu lançamento, a JLR enfrentava limites evidentes em seu modelo de expansão: a dependência de tecnologias baseadas em combustão interna, o reposicionamento inacabado frente ao segmento *premium* global e os desafios reputacionais associados à sustentabilidade. A capacidade de adaptação organizacional era reduzida, e a estratégia corporativa carecia de um eixo articulador capaz de reposicionar a empresa frente aos imperativos da transição energética. No plano técnico e logístico, destacam-se os investimentos em novas arquiteturas eletrificadas e parcerias para inovação em baterias, hidrogênio e *digital twins*[3] (Exame, 2024; Forbes, 2024b).

No Reino Unido, a *Reimagine* mobilizou a conversão de plantas industriais e reforçou os vínculos com centros globais de P&D. Na China, Índia e Europa continental, a estratégia é implementada com adaptações regulatórias, sem perder de vista os princípios estruturantes. A lógica é de um isomorfismo estratégico flexível, no qual as filiais operam entre a dependência da matriz e as pressões institucionais locais.

A inserção da *Reimagine* no Brasil expressa um movimento simultâneo de adaptação institucional e tentativa de consolidação da presença industrial. Ainda que o país não integre o núcleo duro das operações globais, tornou-se campo de testes para iniciativas de sustentabilidade, inovação e circularidade, com implicações relevantes para as políticas industrial e ambiental.

3. *Digital twins* são réplicas digitais de objetos ou processos reais, usadas para simular, monitorar e prever seu desempenho em tempo real.

A criação do primeiro Centro de Inovação Digital da JLR fora do Reino Unido, sediado em São Paulo, inscreve o Brasil em uma lógica de coprodução tecnológica. O centro atua no desenvolvimento de soluções em inteligência artificial, *machine learning*[4] e integração digital de processos industriais e comerciais, com potencial para retroalimentar a estratégia global (Matsubara, 2022). O investimento na startup Energy Source (SP), especializada em recondicionamento e reciclagem de baterias de íon-lítio, sinaliza o esforço da JLR em consolidar uma cadeia circular de valor no país. A operação brasileira se associa à agenda de reuso e descarte responsável de baterias, buscando enfrentar um dos principais gargalos para o avanço dos veículos elétricos (Ventura, 2023; INVESTE SP, 2024).

A certificação de carbono neutro da concessionária Land Rio, no Rio de Janeiro, antecipa diretrizes de performance ambiental a serem expandidas em toda a rede até 2030. O caso exemplifica como a lógica de sustentabilidade é traduzida em práticas locais, inclusive com repercussões sobre infraestrutura, uso de energia solar, reuso de água e capacitação de jovens em municípios industriais como Itatiaia (ANFAVEA, 2023).

A expansão da eletrificação esbarra na ausência de uma infraestrutura pública robusta de recarga, entraves fiscais e baixa adesão do consumidor. A JLR tem atuado por meio de parcerias com empresas de energia e diálogo com governos para avançar em políticas públicas pró-eletrificação e viabilizar a produção local de veículos elétricos (Estadão, 2024; DBK, 2024). No plano interno, a *Reimagine* desencadeou processos de reconfiguração das equipes, revisão de portfólio e adaptação da lógica comercial. No Brasil, modelos como o Evoque e o Discovery Sport passaram a incorporar versões híbridas ou eletrificadas. Simultaneamente, houve suspensão da importação de modelos Jaguar em função do reposicionamento global da marca e do foco na eletrificação integral (Autoindústria, 2024).

Em 2025, o Brasil se consolida como território periférico, porém estratégico, da *Reimagine*. A capacidade de articular sustentabilidade, inovação e inserção produtiva torna o país um espaço relevante para o desenvolvimento de soluções voltadas a mercados emergentes. Ainda assim, persistem desafios relacionados à instabilidade institucional, à escassez de infraestrutura e às diferenças estruturais de capacidade entre o Brasil e os países centrais da

4. Machine learning (aprendizado de máquina) é uma área da inteligência artificial que permite que sistemas de computador analisem dados e aprendam padrões automaticamente, melhorando seu desempenho em tarefas específicas sem depender de programação direta.

cadeia de valor, diferenças que se expressam em níveis desiguais de investimento em pesquisa, domínio tecnológico e integração com redes globais de produção.

Adaptações institucionais da *Reimagine*

A implementação da *Reimagine* pela JLR evidencia uma abordagem multinível, em que os princípios corporativos globais são reinterpretados à luz das condições institucionais de cada território. A análise das adaptações regionais permite compreender como o mesmo roteiro estratégico é modulado conforme os arranjos regulatórios, capacidades tecnológicas, maturidade das cadeias de suprimento e dinâmicas político-econômicas locais. Essa plasticidade organizacional é central para o sucesso da estratégia e revela a importância da articulação entre matriz e subsidiárias no interior de variedades de capitalismo.

No Reino Unido, contexto institucional de origem da JLR, a sua implementação ocorreu em estreita articulação com políticas industriais nacionais voltadas à descarbonização (CNI, 2024). Destaca-se o forte apoio estatal, exemplificado pela garantia de empréstimo de £500 milhões concedida pelo UK Export Finance, que viabilizou investimentos em desenvolvimento e exportação de veículos elétricos (UK Export Finance, 2022).[5] Essa iniciativa impulsiona a eletrificação da JLR e reflete a integração entre objetivos corporativos e diretrizes governamentais, evidenciando como políticas públicas podem catalisar transformações estratégicas em multinacionais do setor automotivo.

Na China, onde a JLR mantém uma *joint venture* com a Chery, a *Reimagine* se insere em um ecossistema industrial regulado centralmente, com forte direcionamento do Estado em favor da eletrificação veicular, exemplificando o que Nölke *et al.* (2019) denominaram como "Economia de Mercado Orientada pelo Estado" (SME), modelo observado especialmente na China[6], com o Estado exercendo controle ativo sobre investimentos, planejamento tecnológico e digitalização, inclusive com vigilância algorítmica e

5. O UK Export Finance é a agência de crédito à exportação do governo britânico, responsável por apoiar empresas do Reino Unido em suas atividades internacionais.

6. Para uma análise detalhada do modelo econômico chinês a partir da perspectiva da "Economia de Mercado Orientada pelo Estado", ver o capítulo sobre a China em Nölke *et al.* (2019), que discutem o papel das empresas estatais, os mecanismos de coordenação estatal e as complementaridades institucionais que estruturam a economia do país.

metas para IA e eletrificação. O setor privado opera sob tutela e direcionamento estatal.

A adaptação dos modelos e da plataforma modular ao mercado chinês evidencia a forma como a JLR responde aos marcos institucionais característicos de um capitalismo estatal orientado por metas estratégicas de longo prazo. Nesse contexto, a atuação da empresa é condicionada tanto por incentivos e diretrizes estatais voltadas à eletrificação e digitalização quanto pela concorrência de firmas nacionais, como a Build Your Dreams (BYD), por exemplo. Esta dinâmica impõe à JLR a necessidade de ajustar seu ciclo de inovação e configurar sua oferta de produtos de maneira compatível com as expectativas locais em termos de conectividade, inteligência embarcada e sustentabilidade.

O Brasil representa um caso singular de inserção periférica com forte potencial estratégico. A *Reimagine*, neste contexto, foi implementada de forma seletiva e experimental, ancorando-se em três pilares: inovação digital, sustentabilidade ambiental e circularidade produtiva. A criação do Centro de Inovação Digital em São Paulo e os investimentos em *startups* de reciclagem de baterias evidenciam uma tentativa de articulação com polos locais de inovação.

Ao mesmo tempo, o Brasil encontra no Mover, um "programa voltado para apoiar a descarbonização dos veículos brasileiros, o desenvolvimento tecnológico e a competitividade global" (MDIC, 2024), um instrumento estruturante para alavancar sua transição para uma mobilidade mais sustentável. Após um trâmite complexo entre Câmara e Senado, o Programa Mover foi finalmente aprovado em meados de junho de 2024, com previsões de incentivos fiscais totalizando R$ 19,3 bilhões nos cinco anos subsequentes. Esse programa impulsiona a adoção massiva de veículos leves "mais limpos" e moderniza a legislação ao exigir o cálculo das emissões de CO_2 "do poço à roda", uma abrangência inédita no país, que considera o ciclo completo do combustível desde sua produção até sua utilização (Calmon, 2024).

Limites da abordagem VoC diante de estratégias corporativas globais

A literatura das Variedades de Capitalismo (VoC) oferece um quadro útil para compreender como as empresas se inserem em regimes institucionais distintos. Contudo, quando aplicada ao estudo de multinacionais e de suas estratégias transnacionais, essa abordagem revela limitações significativas.

O modelo parte da suposição de que as firmas se ajustam a ambientes institucionais relativamente estáveis, o que lhes permitiria desenvolver vantagens competitivas coerentes com os mecanismos de coordenação predominantes em cada economia. No entanto, ao considerar decisões corporativas globais, como a implementação da estratégia *Reimagine* da JLR, essa lógica se revela limitada para explicar diferentes configurações de uma mesma estratégia, pois as diretrizes corporativas também refletem os contextos nacionais.

A *Reimagine* foi concebida como uma diretriz unificada, orientada pela eletrificação, pela sustentabilidade e pela transformação digital, mas sua execução variou de acordo com as situações específicas dos países em que a JLR atua. Essa variação, em partes, pode ser explicada pelas diferenças estruturais entre economias de mercado liberais, coordenadas ou dependentes, mas não apenas por isso. Ela decorre também da disputa interna sobre como traduzir metas corporativas globais em práticas locais (Morgan, 2007). A observação dessas iniciativas indica que a *Reimagine* expressa, ao mesmo tempo, a diversidade institucional entre países e as tensões organizacionais que atravessam as multinacionais — aspectos que a abordagem das VoC tende a tratar como fatores exógenos ou secundários.

Nas economias de mercado liberais, como o Reino Unido, a *Reimagine* foi implementada dentro de um ambiente institucional em que a inovação é coordenada pelo mercado e financiada por capital privado. Nesses casos, a estratégia reforça o papel da eletrificação como ativo reputacional, orientado por investidores e consumidores. Já nas economias orientadas pelo Estado, como a China, a mesma diretriz assume caráter programático: os investimentos são condicionados à aprovação governamental, às metas industriais e à capacidade de integração às agendas nacionais de desenvolvimento tecnológico. Em contextos hierárquico-dependentes, como o Brasil, a execução da *Reimagine* depende de arranjos contingentes e negociações contínuas entre subsidiária, governos subnacionais e fornecedores, resultando em processos marcados por incerteza e instabilidade.

Essas diferenças apontam para o fato de que as estratégias corporativas são respostas adaptativas a contextos nacionais. No caso da *Reimagine*, a direção global da empresa define parâmetros de transformação tecnológica que se desdobram de maneira desigual, não apenas adaptação, reinterpretação e resistência. Nesse sentido, a VoC falha em capturar o caráter processual, conflitivo e relacional das decisões corporativas que acontecem no contex-

to micropolítico das multinacionais para, posteriormente, generalizar quadros nacionais.

O quadro a seguir sintetiza como quatro dimensões da *Reimagine* assumem formas distintas conforme os contextos institucionais. Esses exemplos indicam que a estratégia não é aplicada de maneira uniforme, mas traduzida (Ciuk *et al.*, 2019) de acordo com os mecanismos de coordenação e as disputas organizacionais em cada território.

Quadro 1 – Dimensões da estratégia *Reimagine* e principais ações em diferentes escalas

Eixo da *Reimagine*	*Ações globais*	Ações no Brasil / mercados periféricos	Principais desafios
Luxo moderno	**Reposicionamento global das marcas Jaguar e Land Rover; criação da House of Brands e adoção de design sustentável**	Suspensão da importação de modelos Jaguar e readequação da linha Land Rover ao novo conceito de luxo	Dificuldade de alinhar o novo conceito de luxo a mercados com menor poder de compra e diferentes percepções de valor
Eletrificação	Conversão da planta de Halewood (Reino Unido) em fábrica 100% elétrica; investimento em novas plataformas BEV; parcerias com fornecedores de baterias	Introdução de versões híbridas do Evoque e Discovery Sport; diálogo com o governo no âmbito do Programa MOVER; parcerias com empresas de energia	Custos elevados, escassez de infraestrutura de recarga e assimetrias tecnológicas entre matriz e subsidiária
Sustentabilidade	Implementação de cadeias circulares, metas de neutralidade de carbono e uso de materiais recicláveis	Projetos ambientais pontuais como Onçafari e Clínica de Restauração; ações de comunicação ambiental	Alcance restrito e baixo impacto sobre a estrutura produtiva local
Transformação organizacional e digital	Criação do *Digital Innovation Centre* (Índia) e aplicação de IA e *machine learning* nos processos produtivos globais	Reconfiguração de equipes e digitalização parcial de processos corporativos no Brasil	Desigualdade na capacidade de absorção tecnológica e limitação de investimentos em capacitação local

Fonte: Elaboração própria com base em documentos institucionais da Jaguar Land Rover.

O quadro evidencia que a implementação da estratégia *Reimagine* varia conforme o contexto institucional e as dinâmicas internas da multinacional. Embora a tipologia das Variedades de Capitalismo ajude a identificar padrões de coordenação econômica, ela se mostra limitada para analisar

multinacionais, especialmente em países como o Brasil, que não se encaixam perfeitamente no modelo VoC. O VoC tende a tratar as empresas como agentes passivos diante dos incentivos institucionais, desconsiderando os conflitos e negociações que ocorrem internamente. Essa limitação é ilustrada pelo caso da JLR, cuja estratégia global é constantemente negociada entre matriz e subsidiárias, envolvendo disputas por recursos e legitimidade entre diferentes áreas e atores locais e corporativos (Dörrenbächer e Gammelgaard, 2006).

Dessa forma, percebe-se que a diretriz global não gera convergência institucional, mas sim diferenciação estratégica. Cada contexto nacional atribui sentidos próprios à mesma diretriz, pois combina capacidades, restrições e interesses específicos. Além disso, a empresa atua como um espaço de negociação constante entre atores locais e globais (Morgan e Kristensen, 2006). Para compreender essas variações, é necessário ir além do modelo estrutural das Variedades de Capitalismo (VoC) e adotar uma perspectiva micropolítica, capaz de revelar as dinâmicas de poder, os conflitos e as práticas cotidianas que realmente moldam a implementação das estratégias globais. Assim, torna-se possível entender como decisões corporativas são construídas e adaptadas na prática, em vez de simplesmente replicadas de forma uniforme.

Considerações finais

A observação de algumas ações da *Reimagine* mostra que, embora formulada como um projeto global de transformação, sua efetivação depende de processos situados que escapam à lógica estrutural das Variedades de Capitalismo. As tipologias das Variedades de Capitalismo (VoC) continuam relevantes para demarcar diferenças institucionais entre economias liberais, permeadas pelo Estado ou hierárquico-dependentes, mas são capazes de oferecer uma contribuição sobre como as estratégias corporativas são realmente produzidas e reinterpretadas no interior das multinacionais. Quando transposta a contextos marcados por instabilidade regulatória, políticas industriais intermitentes e coalizões voláteis, a diretriz global deixa de ser uma aplicação linear de modelo e passa a operar como processo de negociação e disputa entre diferentes atores (Afonso, 2024).

Nesse contexto, a perspectiva micropolítica desloca o foco da análise institucional tradicional. Ao revelar as tensões entre matriz e subsidiária, as assimetrias informacionais e as disputas por legitimidade e controle, evidencia-se que a adaptação das estratégias globais não é neutra, nem resulta de uma simples padronização regional. O caso do *turnaround* da JLR no Brasil ilustra como decisões globais

podem ser profundamente reconfiguradas por dinâmicas internas, como processos de recentralização, conflitos entre lideranças e fragilidade nas articulações locais. Essas dinâmicas mostram que a instabilidade institucional não é apenas um obstáculo externo, mas também um elemento constitutivo da maneira como estratégias globais são implementadas e reinterpretadas no contexto local.

Para agendas futuras, abrem-se três frentes: (1) ampliar a base comparativa, incluindo outras montadoras e segmentos associados, como baterias e *software* automotivo; (2) aprofundar estudos qualitativos sobre coalizões locais, intermediários e capacidades estatais subnacionais; e (3) investigar, em perspectiva temporal, como choques políticos e regulatórios reconfiguram o espaço de ação das estratégias corporativas globais. No caso brasileiro, a experiência sugere que previsibilidade regulatória, coordenação intergovernamental e mecanismos estáveis de financiamento são condições mínimas para transformar estratégias transitórias em compromissos produtivos e tecnológicos duradouros.

Em síntese, o avanço analítico deste trabalho não está em tentar conciliar as abordagens das Variedades de Capitalismo (VoC) e da micropolítica. O essencial é reconhecer que a multinacional atua como elo dinâmico entre essas perspectivas: ela conecta e desafia estruturas institucionais ao servir de espaço onde práticas globais são negociadas e adaptadas localmente. Nesse processo, o que é definido globalmente se traduz de maneira desigual nos diferentes territórios, refletindo as especificidades institucionais e políticas de cada contexto.

Referências

ACEMOGLU, Daron; EGOROV, Georgy; SONIN, Konstantin (2020). Institutional change and institutional persistence (NBER Working Paper n. 27852). *National Bureau of Economic Research.*

AFONSO, Lucas A. (2024). *Conflitos Micropolíticos em Multinacionais : uma análise do turnaround na subsidiária brasileira da JLR*. Tese (doutorado) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2024.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA (2023). *Jaguar Land Rover – Iniciativa Carbono Zero.* Disponível em: https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2023/03/Jaguar-Land-Rover-Iniciativa-Carbono-Zero.pdf. Acesso em: 2 dez. 2025.

AUTOINDÚSTRIA (2024). De olho no cliente, JLR faz mudanças na direção brasileira. *AUTOINDÚSTRIA*, 19 abr. 2024. Disponível em: https://

www.autoindustria.com.br/2024/04/19/de-olho-no-cliente-jlr-faz-mudancas-na-direcao-brasileira/. Acesso em: 2 dez. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) (2024). *O que é o Programa Mover?* Brasília, DF: MDIC, 17 dez. 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mdic/pt-br/acesso-a-informacao/perguntas-frequentes-faq/secretaria-de-desenvolvimento-industrial-inovacao-comercio-e-servicos/o-que-e-o-programa. Acesso em: 2 dez. 2025.

CALMON, Fernando (2024). Mover, finalmente aprovado, põe o país no caminho certo. *Forbes Brasil*, 13 jun. 2024. Disponível em: https://forbes.com.br/forbeslife/forbes-motors/2024/06/fernando-calmon-mover-finalmente-aprovado-poe-o-pais-no-caminho-certo/. Acesso em: 19 set. 2025.

CIUK, Sylwia; JAMES, Philip; ŚLIWA, Martyna (2019). Micropolitical dynamics of interlingual translation processes in an MNC subsidiary. *British Journal of Management*, v. 30, n. 4, p. 926-942.

CNN BRASIL (2024). Jaguar Land Rover investe R$ 6 milhões para reciclar baterias no Brasil. *CNN Brasil*. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/auto/jaguar-land-rover-investe-r-6-milhoes-para-reciclar-baterias-no-brasil/. Acesso em: 19 set. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (2024). *Descarbonização da indústria:* análise de experiências internacionais e recomendações para o Brasil. Confederação Nacional da Indústria. Disponível em: https://www.portaldaindustria.com.br/cni/. Acesso em: 19 set. 2025.

DBK (2024). JLR ressalta importância do Brasil em meio à reestruturação global. *DBK*. Disponível em: https://www.dbk.net.br/blog/jlr-ressalta-importancia-do-brasil-em-meio-a-reestruturacao-global/. Acesso em: 19 set. 2025.

DÖRRENBÄCHER, Christoph; GAMMELGAARD, Jens (2006). Subsidiary role development: The effect of micro-political headquarters – subsidiary negotiations on the product, market and value-added scope of foreign-owned subsidiaries. *Journal of International Management*, v. 12, n. 3, p. 266-283.

DÖRRENBÄCHER, Christoph; GEPPERT, M. (2009). Micro-political games in the multinational corporation: The case of mandate change. *Management Revue,* v. 20, n. 4, p. 373-391.

ESTADÃO (2024). Queremos produzir carros elétricos no país em três anos, diz presidente da JLR. *Estadão*. Disponível em: https://mobilidade.es-

tadao.com.br/inovacao/queremos-produzir-carros-eletricos-no-pais-em--tres-anos-diz-presidente-da-jlr/. Acesso em: 19 set. 2025.

EXAME (2024). JLR investe US$ 1,2 milhão em startup brasileira que reaproveita baterias de lítio. *Exame*. Disponível em: https://exame.com/casual/jlr-investe-us-12-milhao-em-startup-brasileira-que-reaproveita-baterias--de-litio/. Acesso em: 19 set. 2025.

FORBES (2023). Como a Jaguar Land Rover planeja investir R$ 90 bilhões em carros elétricos. *Forbes*. Out. 2023. Disponível em: https://forbes.com.br/forbeslife/forbes-motors/2023/10/como-a-jaguar-land-rover-planeja--investir-r-90-bilhoes-em-carros-eletricos/. Acesso em: 19 set. 2025.

FORBES (2024a). Executiva de marketing da Jaguar explica rebranding inédito. *Forbes*. Nov. 2024. Disponível em: https://forbes.com.br/forbeslife/2024/11/executiva-de-marketing-da-jaguar-explica-rebranding-inedito/. Acesso em: 19 set. 2025.

FORBES (2024b). Jaguar Land Rover compra startup de reciclagem de baterias por US$ 1,2 milhão. *Forbes*. Fev. 2024. Disponível em: https://forbes.com.br/forbeslife/forbes-motors/2024/02/jaguar-land-rover-compra-startup-de--reciclagem-de-baterias-por-us-12-milhao/. Acesso em: 19 set. 2025.

HALL, Peter A.; GINGERICH, Daniel W. (2005). Varieties of capitalism and institutional complementarities in the macro economy. In: HALL, Peter A.; SOSKICE, David (org.). *Varieties of capitalism: the institutional foundations of comparative advantage*. New York: Palgrave Macmillan.

HALL, Peter A.; SOSKICE, David (Orgs.). (2001). *Varieties of capitalism:* The institutional foundations of comparative advantage. Oxford University Press.

INVESTE SP (2024). JLR investe US$ 1,2 milhão em startup brasileira que recicla, repara e reutiliza baterias. *Investe SP*. Disponível em: https://www.investe.sp.gov.br/noticia/jlr-investe-us-1-2-milhao-em-startup-brasileira--que-recicla-repara-e-reutiliza-baterias/. Acesso em: 19 set. 2025.

JAGUAR LAND ROVER (2021). Jaguar Land Rover reimagines the future of modern luxury by design. *Media Centre*, 15 fev. 2021. Disponível em: https://media.jaguarlandrover.com/news/2021/02/jaguar-land-rover-reimagines-future-modern-luxury-design. Acesso em: 19 set. 2025.

KHANNA, Tarun; PALEPU, Krishna G. (2006). Emerging giants: Building world-class companies in developing countries. *Harvard Business Review*, v. 84, n. 10, p. 60-69.

KNIGHTS, David; MORGAN, Glenn (1990). The concept of strategy in sociology. *Sociology*, v. 24, n. 3, p. 475–483.

KORNELAKIS, Andreas (2011). Dual convergence or hybridization? Institutional change in Italy and Greece from a Varieties of Capitalism perspective. *CEU Political Science Journal*, v. 16, n. 1, p. 46-82.

KUZNETSOV, Andrei; JACOB, Marcus (2015). Convergence versus divergence: testing Varieties of Capitalism perspective on the globalization of business practices. *In:* MARINOVA, Svetla (Org.). *Institutional impacts on firm internationalization*. Palgrave Macmillan, p. 12-39.

LIMA, Raphael J. da C.; SANTOS, Rafael (2021). Forjando a política automotiva brasileira: Incumbentes e desafiantes na construção do programa Inovar-Auto. *Revista Pós Ciências Sociais*, v. 18, n. 2, p. 355-380.

MATSUBARA, Vitor (2022). Jaguar Land Rover elege Brasil para lançar 1º centro de inovação digital. *UOL*, 27 abr. 2022. Disponível em: https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2022/04/27/jaguar-land-rover-elege-brasil-para-lancar-1-centro-de-inovacao-digital.htm. Acesso em: 2 dez. 2025.

MORGAN, Glenn (2007). The theory of comparative capitalisms and the possibilities for local variation. *European Review*, v. 15, n. 3, p. 353-371.

MORGAN, Glenn (2015). Elites, Varieties of Capitalism and the Crisis of Neo-Liberalism. *In:* MORGAN, Glenn; HIRSCH, Paul; QUACK, Sigrid (Orgs.). *Elites on Trial* (v. 43), p. 55-80. Emerald Group Publishing.

MORGAN, Glenn; DOERING, Heike; GOMES, Marcus (2021). Extending Varieties of Capitalism to Emerging Economies: What can We Learn from Brazil?, *New Political Economy*, 26, issue 4, p. 540-553.

MORGAN, Glenn; KRISTENSEN, Peer H. (2006). The contested space of multinationals: Varieties of institutionalism, varieties of capitalism. *Human Relations*, v. 59, n. 11, p. 1467–1490.

NÖLKE, Andreas (2014). State Capitalism 3.0 – Conclusion: State support for emerging market multinationals. *In:* NÖLKE, Andreas; TEN BRINK, Tobias; MAY, Christian; CLAAR, Simone (Orgs.). *State-permeated capitalism in large emerging economies*, p. 187-198. Routledge.

NÖLKE, Andreas *et al.* (2019). Extending comparative capitalisms: a framework for analysis. *In:* NÖLKE, Andreas; TEN BRINK, Tobias; MAY, Christian; CLAAR, Simone (Orgs.). *State-permeated capitalism in large emerging economies*, 1. ed., p. 6-39. Routledge.

RAFIQUI, Pernilla S. (2010). Varieties of capitalism and local outcomes: a Swedish case study. *European Urban and Regional Studies*, v. 17, n. 3, p. 309-329.

REUTERS (2025). Jaguar Land Rover-backed battery recycling project gets UK government funding. *Reuters*, 17 jul. 2025. Disponível em: https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/jaguar-land-rover-backed-battery-recycling--project-gets-uk-government-funding-2025-07-17/?utm. Acesso em: 19 set. 2025.

SCHNEIDER, Ben Ross (2009). Hierarchical market economies and varieties of capitalism in Latin America. *Journal of Latin American Studies*, v. 41, n. 3, p. 553-575.

SCHNEIDER, Ben Ross (2010). Business politics in Latin America: the impact of state –business relations on policymaking in democratic settings. *In:* KINGSTONE, Peter; YASHAR, Deborah (Orgs.). *Routledge handbook of Latin American politics*, p. 321-336. Routledge.

SCHNEIDER, Ben Ross (2013). Hierarchical capitalism in Latin America: Business, labor, and the challenges of equitable development. Cambridge University Press.

SCHNEIDER, Martin R.; PAUNESCU, Mihai (2012). Changing varieties of capitalism and revealed comparative advantages from 1990 to 2005: a test of the Hall and Soskice claims. *Socio-Economic Review*, v. 10, n. 4, p. 731-753.

SOUZA, Luiz Henrique C. (2019). A Jaguar Land Rover e a financeirização: o reposicionamento do grupo diante de uma nova concepção de controle. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, Rio de Janeiro.

UK EXPORT FINANCE (2022). £500 million loan guarantee supports Jaguar Land Rover's electric vehicle plans. *GOV.UK*, 31 jan. 2022. Disponível em: https://www.gov.uk/government/news/500-million-loan-guarantee-supports--jaguar-land-rovers-electric-vehicle-plans?utm. Acesso em: 19 set. 2025.

VENTURA, Thais (2023). Jaguar Land Rover investe R$ 6 milhões para reciclar baterias no Brasil. *CNN Brasil*, 9 maio 2023. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/auto/jaguar-land-rover-investe-r-6-milhoes-para--reciclar-baterias-no-brasil/. Acesso em: 19 set. 2025.

ZENG, Ming; WILLIAMSON, Peter J. (2007). Dragons at your door: how Chinese cost innovation is disrupting global competition. Harvard Business School Press.

PARTE 2

MUDANÇAS TECNOLÓGICAS, TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E ELETROMOBILIDADE

AS REVOLUÇÕES DA FABRICAÇÃO DIGITAL COMO PROJETOS POLÍTICOS E MODISMOS: evidências do setor automotivo[1]

Tommaso Pardi
Martin Krzywdzinski
Boy Luethje

Introdução

> *O determinismo tecnológico, a visão de que as máquinas fazem a história em vez das pessoas, não está correto; é apenas uma explicação enigmática, mistificadora, escapista e pacificadora de uma realidade talvez demasiado intimidadora (e familiar) para ser enfrentada diretamente (Noble, 1984, p. 13).*

O debate sobre o futuro da manufatura global gira em torno de transformações revolucionárias. Um mundo em que fábricas inteligentes seriam conectadas entre si e com os consumidores por meio de tecnologias digitais que permitiriam a produção de uma variedade quase infinita de produtos personalizados, construídos sob encomenda por impressoras 3D e *cobots* (robôs colaborativos) inteligentes. Nessas fábricas inteligentes, produção, manutenção e logística seriam gerenciadas por inteligência artificial (IA),

1. Este trabalho foi apoiado pelo Departamento de Pesquisa da OIT como parte do projeto "L'avenir du travail dans le secteur automobile: analyses transversales" e do acordo de cooperação entre o governo francês e a OIT. Agradecemos em particular a Guillaume Delautre, do Departamento de Pesquisa da OIT, por seu monitoramento ativo e feedback imediato. O texto é uma tradução de: PARDI, Tommaso; KRZYWDZINSKI, Martin; LUETHJE, Boy (2020): "Digital manufacturing revolutions as political projects and hypes: evidences from the auto sector", originalmente publicado no ILO Working Paper, n. 3, ISBN 978-92-2-032173-7, International Labour Organization, Geneva. Disponível em: https://www.econstor.eu/handle/10419/228481. Esta tradução não foi elaborada pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) e não deve ser considerada uma tradução oficial da OIT. A OIT não se responsabiliza pelo conteúdo ou pela exatidão desta tradução. O artigo é de responsabilidade exclusiva dos autores e sua publicação não implica que a OIT endossa as opiniões nele expressas. Por fim, agradecemos à ILO Working Paper por autorizar a republicação do artigo. Tradução do inglês: Regina Vargas.

com melhoria constante da eficiência e da qualidade por meio do aprendizado de máquina, por meio dos *big data* gerados por objetos e sensores conectados ao longo de toda a cadeia de valor. Essas visões de um admirável mundo novo têm sido promovidas por consórcios de fornecedores de tecnologia nos setores de engenharia mecânica e elétrica e no setor de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), principalmente na Alemanha, nos Estados Unidos e na China, onde também informaram um novo conjunto de políticas industriais que agora estão se disseminando para outros países. Sob os conceitos de indústria 4.0 e manufatura avançada ou digital, essas visões foram endossadas pelas principais empresas de consultoria globais e se tornaram *mainstream* na mídia e na política. Uma literatura científica substancial também promoveu a ideia de uma revolução digital iminente, ou de uma "segunda era das máquinas" (Brynjolfsson e McAfee, 2014).

Segundo essa nova visão, espera-se que a indústria automotiva esteja na vanguarda da "quarta revolução industrial": primeiro, porque o setor automotivo, historicamente, foi pioneiro na introdução de novas tecnologias de fabricação, da produção em massa à manufatura enxuta; segundo, porque é uma das maiores e mais intensivas indústrias em capital, que concentra sozinha cerca de 40% do estoque mundial de robôs no processo de produção, embora ainda empregue uma quantidade considerável de trabalhadores não qualificados e relativamente bem remunerados (Sirkin, Zinser e Rose, 2015); terceiro, porque a variedade e o grau de personalização da produção automotiva têm aumentado constantemente, ampliando a capacidade das tecnologias existentes para atender a essas demandas e abrindo caminho para uma mudança de paradigma na fabricação.

Apesar de essas novas tecnologias serem vistas como "disruptivas", seu impacto é geralmente considerado positivo para a maioria dos atores envolvidos. Elas possibilitariam ganhos de produtividade rápidos e crescentes, produtos diversificados mais baratos e mais avançados, eliminação de tarefas árduas e repetitivas; além de permitir a relocalização da manufatura em países com altos salários, já que o custo do trabalho se tornará um fator menos relevante para a competitividade internacional. Também haveria o *upgrading* econômico e funcional das cadeias de suprimentos em países emergentes. Nesse cenário otimista, o único desafio aparente é o emprego, uma vez que as previsões pessimistas sobre a substituição de humanos por máquinas lançam uma grande sombra sobre o futuro do trabalho humano no setor automotivo. Segundo a *Boston Consulting Group* (BCG), por

exemplo, "menos de 8% das tarefas na indústria automotiva dos EUA são automatizadas, em vista de um potencial de 53%" (Sirkin, Zinser e Rose, 2015, p. 6). Em escala global, esse potencial chegaria a 85% (p. 15). Além disso, como os robôs estão se tornando "mais acessíveis, menores e mais flexíveis", a BCG prevê que a taxa de automação de todas essas tarefas crescerá de forma exponencial ao redor do mundo, alcançando "quase a saturação no final da década de 2020" (p. 20). Empregando métodos contábeis comparáveis e fundamentados em avaliações de especialistas sobre o potencial tecnológico para automação em diversos grupos ocupacionais, Frey e Osborne (2013) alcançam resultados semelhantes. Eles preveem uma possível perda de mais de 84% dos empregos atuais na indústria automotiva e de até 97% para equipes de montagem (*team assemblers*) nos próximos 20 anos. Contudo, a variação nos dados de pesquisa (35-84%) indica que o efeito e o alcance da automação ainda não são claros. Outras pesquisas estimam que aproximadamente 35% dos empregos na Finlândia estão em risco de automação (Pajarinen e Rouvinen, 2014), percentual que sobe para 59% na Alemanha (Brzeski e Burk, 2015) e varia entre 45% e 63% na Europa (Bowles, 2014).

Apesar de esses estudos focarem em países ocidentais desenvolvidos, as projeções para países emergentes não são muito otimistas. Um estudo recente da Organização Internacional do Trabalho (OIT) em países do Sudeste Asiático prevê que as perdas de empregos devidas à automação poderão variar de 45% na Tailândia a 70% no Vietnã até 2030 (Chang e Huynh, 2016). A pesquisa aponta que a indústria automotiva será um dos primeiros e mais impactados setores por essas transformações.

Embora essas previsões sejam preocupantes, os Estados não as contestam e elas se manifestam em diferentes cenários e recomendações de políticas. Governos e empresas são incentivados a promover essas tecnologias para se beneficiarem de um maior crescimento em produtividade, e espera-se que essas iniciativas previnam as consequentes perdas massivas de empregos, introduzindo ou reformulando programas de treinamento continuado que fornecerão trabalhadores menos numerosos, mas mais qualificados, aptos a interagir com robôs e tecnologias inteligentes. Alguns países também vêm considerando a possibilidade de subsidiar custos de mão de obra e tributar tecnologias e robôs (Ernst, Merola e Samaan, 2019).

Como já apontado, nos últimos dez anos, esse tipo de previsões, cenários e recomendações de políticas ganhou forte visibilidade e um consenso po-

lítico generalizado formou-se em torno deles. Apesar de existirem versões mais flexíveis ou mais rigorosas desse consenso, dependendo do período (antes ou depois de 2030) e do escopo (a taxa de empregos substituídos por máquinas e IA) das transformações previstas, controvérsias e discussões sobre a direção principal da mudança são raramente observadas nas esferas políticas. Portanto, embora não esteja claro se uma revolução digital na manufatura está de fato ocorrendo, um determinismo tecnológico consolidado já pode gerar impactos significativos. Por um lado, torna-se desafiador questionar, criticar ou resistir à disseminação dessas novas tecnologias, independentemente de suas consequências políticas e sociais ou até mesmo de seu impacto real na eficiência e qualidade. Por outro lado, essas perspectivas podem facilmente se tornar profecias autorrealizáveis: à medida que a crença em uma revolução digital na manufatura se dissemina, mais recursos são direcionados para o desenvolvimento dessas tecnologias e mais empresas começam a implementá-las em seus ambientes de trabalho. Isso reforça a ideia de que uma revolução digital está em andamento, o que resulta na alocação de mais recursos e no aumento do número de empresas adotando essas tecnologias e substituindo pessoas por máquinas. Como consequência, isso contribui para a redução dos preços das novas tecnologias por meio de economias de escala.

Nesse cenário, refletir sobre o futuro do trabalho e do emprego é, sem dúvida, uma tarefa complexa. Como será detalhado a seguir, os efeitos da indústria 4.0 e das tecnologias de manufatura digital avançada no setor automotivo ainda são modestos. Não há perspectivas claras de sua implementação e disseminação generalizada no futuro, especialmente no que diz respeito à produção em massa. Entretanto, de acordo com essa perspectiva consolidada, o estado atual da manufatura no setor automotivo não deveria ser relevante, uma vez que estamos enfrentando transformações "disruptivas" que somente visões de futuro podem compreender (Brynjolfsson e McAfee, 2014). Essa posição normativa resulta em um paradoxo, pois a conexão entre o presente e o futuro fica, de certa maneira, invertida. Não se entende mais o futuro como resultado da evolução no presente; ao contrário, é o presente que é formado por visões de futuros próximos ou distantes, fundamentadas nas promessas das tecnologias digitais. Em outras palavras, quem detém essas visões direciona o comportamento das empresas, a formulação de políticas e as expectativas dos trabalhadores.

Neste artigo, pretendemos inverter essa visão e reconectar pesquisas baseadas em evidências sobre a evolução da indústria automotiva com o futuro

do trabalho, do emprego e da manufatura. Sustentamos que essa abordagem é essencial não só para criar cenários mais realistas para as partes interessadas e formuladores de políticas, mas, sobretudo, para trazer de volta a política e o trabalho à discussão sobre o futuro da manufatura.

Para atender a essa agenda, o artigo será estruturado da seguinte maneira. Primeiro, apresentaremos o conceito de "performatividade" como um instrumento analítico para desconstruir as premissas deterministas das concepções da indústria 4.0 e das revoluções da manufatura digital. Essa ideia tem sido empregada nas ciências sociais para examinar teorias econômicas, tendências gerenciais e expectativas tecnológicas de forma crítica, oferecendo um referencial teórico para estruturar as demais seções do artigo. Em segundo lugar, abordaremos os aspectos mais relevantes da história recente da automação no setor automotivo, desde a década de 1980 até os dias atuais. Examinaremos tanto a relevância quanto as limitações da primeira onda de digitalização e automação da manufatura automotiva, que atingiu seu auge na década de 1990. Destacaremos, especialmente, os motivos pelos quais o trabalho humano e a agência humana continuam sendo fundamentais em contextos de produção altamente padronizados. Em terceiro lugar, examinaremos mais profundamente as três principais ideias que impulsionam a noção de uma revolução digital na manufatura: indústria 4.0, manufatura avançada e *Made in China 2025*. O objetivo é mostrar que essas concepções não são visões "neutras" do progresso tecnológico, mas projetos políticos promovidos por vários consórcios de fornecedores de tecnologia, apoiados por seus respectivos governos na Alemanha, EUA e China. Nesta seção, também oferecemos um panorama preliminar das recentes transformações da manufatura automotiva, analisando a velocidade e o nível de adoção da indústria 4.0 e outras tecnologias associadas nas fábricas automotivas desses países. Por último, com base na análise feita nas seções anteriores sobre as forças em jogo, dinâmica atual e primeiros resultados da difusão e impacto dessas novas tecnologias, discutiremos o lugar da política e dos trabalhadores no futuro do trabalho.

Performatividade e revoluções digitais

O que confere a certos conceitos, teorias e previsões futuras o poder de criar novos mundos como profecias autorrealizáveis? Essa questão remonta, pelo menos, ao trabalho seminal de Karl Polanyi sobre a "Grande Transformação" das economias modernas sob a influência das teorias eco-

nômicas liberais (Polanyi, 1944). Com o aumento significativo no número e na importância desses fenômenos, sob a perspectiva do *marketing* e dos modismos, ela tem atraído cada vez mais o interesse dos cientistas sociais nos últimos tempos. Por exemplo, quase 80 anos se passaram até que a primeira revolução industrial fosse chamada assim pelo historiador econômico britânico Arnold Toynbee. No caso da indústria 4.0, a ideia surgiu antes que qualquer traço de uma revolução digital na manufatura fosse realmente visível nas empresas.

A questão envolve duas dimensões principais: a primeira é compreender como teorias e conceitos podem moldar o mundo; a segunda é identificar as condições em que esse poder pode operar. O conceito de "performatividade" foi desenvolvido e vem sendo empregado nas ciências sociais para analisar e desconstruir esse tipo de fenômeno. Ele tem sido aplicado a teorias econômicas (MacKenzie, Muniesa e Siu, 2007), modelos gerenciais (Abrahamson e Fairchild, 1999), expectativas tecnológicas (Pollock e Williams, 2010) cada um com suas respectivas habilidades de construção de mundo (*worldmaking*).

O conceito tem origem na linguística, na qual é utilizado para descrever enunciados que produzem o que enunciam — como, por exemplo, "a reunião está encerrada" ou "a guerra está declarada". Posteriormente, foi incorporado aos estudos sociais de ciência e tecnologia (ESCT) para analisar o papel das "expectativas tecnológicas" na construção de diferentes formas de mundo. Como argumentam Pollock e Williams (2010, p. 526), as expectativas tecnológicas "são cruciais para o desenvolvimento e a construção de novas ciências e tecnologias". Elas atraem a atenção de patrocinadores financeiros, influenciam a definição de agendas técnicas e políticas e criam "espaços protegidos" nos quais novas tecnologias podem ser desenvolvidas (Geels e Smit, 2000, p. 882).

Por essas mesmas razões, tais expectativas tendem a ser hiperbólicas e excessivamente otimistas (Borup *et al.*, 2006, p. 286). Na realidade, poucas delas conseguem materializar visões que correspondam às suas previsões. Uma exceção frequentemente citada é a célebre "Lei de Moore", segundo a qual o poder de processamento dos microchips continuaria a crescer em ritmo exponencial (Pollock e Williams, 2010, p. 529; Van Lente, 1993). Ainda assim, mesmo as expectativas tecnológicas mais bem-sucedidas possuem uma performatividade limitada no tempo: elas geram uma euforia inicial que impulsiona o desenvolvimento e a difusão de inovações, mas

raramente concretizam integralmente suas projeções (Borup *et al*., 2006; Geels e Smit, 2000).

No caso da Indústria 4.0 e da revolução digital na manufatura, ainda é prematuro avaliar com precisão o grau de performatividade de suas expectativas. Essa literatura, contudo, fornece elementos analíticos relevantes que podem ser incorporados à nossa reflexão.

Em primeiro lugar, como quaisquer outras expectativas tecnológicas, essas ideias e visões não são previsões cientificamente fundamentadas de futuros prováveis, mas projetos políticos que visam moldar futuros improváveis. Para avaliar esses projetos políticos, é fundamental identificar o consórcio de atores que os construiu, seus objetivos e estratégias, bem como o papel que grupos de interesse e o Estado desempenham em seu desenvolvimento. Isso possibilitará tanto a desconstrução das premissas deterministas dessas ideias quanto a compreensão do que realmente está em jogo na narrativa de mudança revolucionária.

Em segundo lugar, mesmo que essas ideias já tenham ganhado considerável visibilidade e apoio político, é razoável supor que suas visões de futuro sejam "excessivamente otimistas". De fato, a maior parte da literatura citada concorda com o fato de que as expectativas tecnológicas estão se tornando cada vez mais irrealistas. Isso se deve tanto à crescente complexidade dos processos envolvidos quanto ao horizonte de tempo mais longo das previsões associadas a eles (Borup *et al*., 2006; Pollock e Williams, 2010) — duas características bem representadas na indústria 4.0 e em outras ideias relacionadas. Isso significa que estamos muito provavelmente lidando com publicidade exagerada. Mas esses exageros ainda produzem consequências importantes: por meio dos mecanismos bem conhecidos de isomorfismo institucional (DiMaggio e Powell, 1983), eles podem operar como poderosos propulsores para a disseminação de novas tecnologias e dispositivos gerenciais. Contudo, o escopo e o impacto dessa publicidade dependem crucialmente das condições de sua recepção (Abrahamson e Fairchild, 1999; Pardi, 2015).

A literatura sobre modelos gerenciais demonstrou, particularmente, que o auge da euforia — após o qual as modas gerenciais tendem a desaparecer rapidamente — é alcançado quando suas "faculdades mágicas" passam a ser cada vez mais rejeitadas pela comunidade científica (Abrahamson e Fairchild, 1999, p. 729, 731) e quando suas consequências negativas para empresas e organizações começam a ser denunciadas e confrontadas cole-

tivamente por grupos profissionais, sindicatos e outras organizações (Tolbert e Zucker, 1999). Em outras palavras, essas concepções são projetos políticos, e seu grau de performatividade depende diretamente das reações políticas a eles.

Em terceiro lugar, a performatividade das expectativas tecnológicas é limitada por razões objetivas que podem ser identificadas, e que explicam por que a nova tecnologia poderia não atender às expectativas "excessivamente otimistas". No nosso caso, evidentemente, isso é difícil de fazer, visto que as tecnologias envolvidas apenas começaram a ser implementadas e sua difusão no setor automotivo ainda é marginal. No entanto, no debate atual sobre a digitalização e a automação do trabalho, algumas das premissas sobre as quais a nova narrativa da "revolução digital" foi construída começaram a ser questionadas e contestadas (Paus, 2018), notadamente por economistas preocupados com as previsões de futura devastação massiva de empregos. David Autor (2015), em particular, elaborou dois argumentos persuasivos que rechaçam o atual "temor da automação".

O primeiro argumento é de caráter histórico e consiste em revisitar fases anteriores de "medo da automação". Autor (2015, p. 3-4) aborda a preocupação com o "desemprego por automação" nos EUA durante as décadas de 1950 e 1960, que levou o governo Johnson a criar uma Comissão *ad hoc*, de maneira muito semelhante aos debates contemporâneos sobre o desemprego em massa causado pela tecnologia. Autor argumenta que as fases anteriores de "medo da automação" se mostraram equivocadas e sugere ser esse, possivelmente, também o caso no cenário atual.

O segundo argumento é de natureza analítica e busca entender os motivos pelos quais essas profecias "alarmistas" se revelaram errôneas no passado. Autor aponta dois motivos principais. Primeiramente, a automação só pode substituir certas tarefas (tipicamente as mais repetitivas e padronizadas), sendo outras ainda indispensáveis para a conclusão do trabalho. Quando as primeiras são automatizadas, as últimas crescem em importância e valor. O efeito geral dessa dinâmica é a criação de empregos: não apenas porque os ganhos de produtividade devem aumentar a produção e, portanto, o emprego, mas também porque novos empregos são criados nas tarefas que são complementadas pela automação.

A segunda razão destacada por Autor é que mesmo tarefas relativamente rotineiras nos chamados empregos de baixa qualificação podem se mostrar muito difíceis ou mesmo inviáveis de automatizar devido ao paradoxo de

M. Polanyi, segundo o qual "sabemos mais do que podemos dizer" (M. Polanyi, 1966, p. 11). O conhecimento tácito se insere de modo fundamental em qualquer atividade que exija "flexibilidade, julgamento e bom senso — habilidades que compreendemos apenas tacitamente". Duas categorias de tarefas se enquadram, em linhas gerais, nessa definição: aquelas que exigem "capacidades de resolução de problemas, intuição, criatividade e persuasão" — associadas a atividades profissionais, técnicas e gerenciais; e aquelas que demandam "adaptabilidade situacional, reconhecimento visual e de linguagem, além de interações presenciais — que chamamos de tarefas 'manuais'" (M. Polanyi, 1966, p. 12).

David Autor (2015, p. 12) argumenta que esse paradoxo também pode explicar uma das principais transformações na estrutura de emprego observadas nos Estados Unidos e em outros países desenvolvidos: a polarização dos empregos nas extremidades superior e inferior do espectro ocupacional. O avanço da automação, portanto, não implicaria necessariamente uma redução na quantidade total de empregos, mas "poderia afetar significativamente a qualidade dos empregos disponíveis" (p. 9), ao promover o "crescimento simultâneo de empregos altamente qualificados e bem remunerados em uma extremidade, e de empregos pouco qualificados e de baixa remuneração na outra, ambos às custas dos empregos de renda média e nível médio de escolaridade" (p. 12).

Como veremos adiante, há indícios de que esse padrão também possa se aplicar a determinadas tecnologias associadas à Indústria 4.0, especialmente no que se refere às atividades de manutenção de máquinas e robôs. No entanto, como será discutido na próxima seção — dedicada à onda anterior de automação, nas décadas de 1980 e 1990 —, é possível sustentar que a polarização do emprego resultou menos de transformações tecnológicas em si e mais de estratégias gerenciais voltadas à restauração do "direito de gerenciar", no contexto das disputas pelo controle do chão de fábrica.

Automação do local de trabalho no setor automotivo: padrões históricos e perspectivas atuais

Desde a introdução da produção em massa na década de 1910, processos como estampagem, soldagem e pintura automotivas foram progressivamente mecanizados. Isso abriu caminho, nas décadas de 1970 e 1980, para a automação da maior parte dessas operações de montagem. No entanto, a montagem final — etapa caracterizada por alta variedade e complexida-

de — permaneceu intensiva em mão de obra, concentrando mais de 60% dos empregos nas fábricas (MacDuffie e Pil, 1997, p. 247). Os principais esforços em termos de automação na década de 1980 concentraram-se em desfazer o "gargalo" da montagem final, a fim de avançar em direção ao sonho dos engenheiros, de uma fábrica quase sem pessoal. Esse movimento foi liderado por montadoras como GM e Fiat (Camuffo e Volpato, 1997), que haviam enfrentado sérios problemas de produtividade e qualidade nos anos 1970 e viam na automação total do processo de montagem uma solução definitiva. Essas empresas, contudo, também lidavam com relações industriais frágeis e dificuldades para manter o controle sobre o chão de fábrica (Hatzfeld *et al*., 2005; Berta, 1998; Durand, Stewart e Castillo, 1999). No caso da Volkswagen, a pressão por automação partiu do setor de engenharia, que buscava ganhos de eficiência por meio de "grandes saltos à frente" em termos de tecnologia (Jürgens, Fujimoto e Shimokawa 1997, p. 397). Entretanto, esses projetos resultaram em fábricas extremamente caras e com alto grau de automação da montagem final, como a fábrica da Fiat Cassino, a da GM em Hamtramck e o Hall 54 da VW em Wolfsburg. Os resultados, porém, foram decepcionantes: as frequentes paradas das máquinas prejudicavam a produtividade e a qualidade, ao passo que a baixa flexibilidade dificultava a introdução de novos modelos (Fujimoto, 1997, p. 216-17). Enquanto isso, as fábricas japonesas, que naquela época eram líderes internacionais em produtividade do trabalho e qualidade, optaram por níveis muito menores de automação, principalmente na montagem final.

Segundo Fujimoto (1997), as empresas japonesas priorizavam uma estratégia de "automação de baixo custo": enquanto a estratégia de "alta tecnologia" mirava a "automação pela automação, independentemente de seu desempenho competitivo geral", a estratégia de "automação de baixo custo" buscava a competitividade geral "[...] com os equipamentos de automação mais simples, mais confiáveis e de menor custo" (Fujimoto 1997, p. 217). O trabalho em equipe era fundamental para concatenar as linhas de produção, ajustar os volumes de produção à demanda e aprimorar processos de produção, levando à conclusão de que a taxa ideal de automação da montagem final deveria ser "próxima a zero" (Fujimoto, 1997, p. 219).

Na segunda metade da década de 1980, após o bem-sucedido "transplante" de Toyota, Honda e outras montadoras japonesas nos EUA (Kenney e Florida, 1993), as empresas ocidentais abandonaram a estratégia de "alta tecnologia" e começaram a adotar o paradigma da "produção enxuta". Paradoxalmente, nesse mesmo período, a estratégia de "automação de baixo custo"

associada à produção enxuta entrou em crise no Japão: embora eficiente, gerava ambientes de trabalho árduos e pouco atraentes, especialmente para os jovens, devido à pressão e ao estresse. No contexto da bolha econômica da década de 1980, os jovens japoneses não queriam mais trabalhar nessas fábricas (Shimizu, 1999). Isso motivou uma nova onda de automação na área de montagem, buscando automatizar apenas as tarefas menos desejadas — o que Fujimoto chamou de estratégia de automação de "adequação humana" (Fujimoto, 1997, p. 219-26) — e tornar o trabalho mais interessante. Os experimentos ocidentais de automação intensiva mostraram-se insatisfatórios, devido ao alto custo e à baixa flexibilidade, sendo abandonados após a recessão pós-bolha. A solução para a crise de trabalho consistiu, afinal, em reduzir a pressão da organização enxuta, segmentando as linhas, introduzindo mediadores (*buffers*) e utilizando estações fixas para submontagem. Essa abordagem de "motivação humana" foi notavelmente introduzida na fábrica da Toyota em Kyushu no início da década de 1990 e, posteriormente, tornou-se a norma para todas as fábricas da Toyota (Shimizu, 2000). Uma característica importante da abordagem de "motivação humana" era tornar o trabalho não apenas menos difícil, mas também mais interessante.

Abordagens mais radicais para aumentar a motivação humana na montagem de automóveis foram implementadas no norte da Europa durante a década de 1980. O objetivo era dissociar o trabalho de montagem das tradicionais linhas de produção, tornando as tarefas mais variadas e ciclos de trabalho mais longos. O caso emblemático da fábrica da Volvo em Uddevalla (Berggren, 1992) exemplifica essa estratégia de automação radicalmente distinta daquela da "montagem humana". A automação em Uddevalla visava apoiar o trabalho de uma equipe de duas a dez pessoas (em 1990) que montava o carro inteiro em uma estação fixa. O foco estava nos trabalhos de manuseio de materiais e na coleta de peças, e não em tarefas de montagem, que eram consideradas "pouco atrativas".

O caso da fábrica Uddevalla gerou intensos debates sobre modelos de organização do trabalho. Os defensores da produção enxuta argumentavam que, em Uddevalla, o tempo de trabalho para montar um carro era o dobro do observado em fábricas enxutas convencionais (Womack, Roos e Jones, 1990). Por outro lado, os defensores do modelo Uddevalla destacavam que a fábrica apresentava resultados superiores de produtividade e qualidade em comparação às demais unidades de produção em massa da Volvo, sugerindo que esse seria o parâmetro mais adequado para avaliação (Berggren,

1994; Freyssenet, 1995). O debate foi interrompido abruptamente com o fechamento da fábrica de Uddevalla em 1992, consequência da crise econômica de 1991 e da queda significativa nas vendas da Volvo. Apesar disso, a proposta desenvolvida em Uddevalla continuou a influenciar, ainda que de forma adaptada, algumas fábricas japonesas, incluindo algumas da Toyota (Nohara, 1998).

Na segunda metade da década de 1990, as montadoras abandonaram tanto as estratégias de automação de "alta tecnologia" quanto as estratégias radicais de automação de "motivação humana". Em seu lugar, houve uma convergência para estratégias de automação de "baixo custo" e de "motivação e adaptação humana moderadas", alinhadas ao paradigma da produção enxuta. Como consequência, ao final da década, a taxa de automação na montagem permanecia praticamente inalterada em relação ao final da década de 1980, apesar da introdução de robôs mais flexíveis nas oficinas de funilaria e pintura (MacDuffie e Pil, 1997). Naquele período, especialistas previam que, nas décadas seguintes, a automação se difundiria amplamente, inclusive na montagem final, impulsionada pela redução de custos, maior flexibilidade das tecnologias e integração com sistemas de comunicação computadorizados (Hsieh, Schmahls e Seliger, 1997, p. 36). No entanto, essas expectativas não se concretizaram nos anos 2000 e 2010: os estoques de robôs industriais e de montagem estagnaram (veja também as figuras 1 e 2 abaixo) e a taxa média de automação nas fábricas automotivas globais pouco evoluiu — em alguns casos, especialmente na montagem final.[2] Vários fatores interligados explicam essa evolução.

Um primeiro fator relevante é a oferta global de mão de obra. Após o colapso da União Soviética, a entrada da China na OMC e a criação e expansão das zonas de livre comércio nas principais regiões econômicas, centenas de milhões de trabalhadores foram adicionados à oferta mundial de força de trabalho. Isso fez com que a disponibilidade, o custo e a disposição para o trabalho — tanto qualificado quanto não qualificado — deixassem de ser um obstáculo para a indústria automotiva, ao menos durante as décadas seguintes.

Diante desse novo cenário, as montadoras optaram por estruturar cadeias de valor regionais e transferir a produção para países de baixos salários,

2. Esta observação fundamenta-se em várias e regulares visitas à fábrica e foi confirmada por apresentações recentes de T. Fujimoto, que apresentou informações a respeito da Toyota e de outros fabricantes de automóveis japoneses, bem como de U. Jürgens a respeito da Volkswagen, cf. http://gerpisa.org/node/3828.

buscando reduzir seus custos. O crescimento acelerado da produção para mercados locais nos BRICs e a necessidade de modernizar fábricas em países de baixo custo tiveram efeitos ambíguos em termos de automação: por um lado, a demanda por maior produção e qualidade impulsionou a criação de fábricas mais automatizadas e intensivas em capital (Jürgens e Krzywdzinski, 2016); por outro, a busca por produtos de baixo custo nesses mercados também resultou na criação de fábricas modernas, porém com níveis muito baixos de automação (Midler, Jullien e Lung 2017).

Um segundo fator relevante para a difusão da automação, conforme identificado por Shimokawa *et al.* (1997), era a necessidade de reduzir variações e diversidade de produtos, o que facilitava o desenvolvimento de projetos mais adequados à automação (p. 9). No entanto, as décadas de 2000 e 2010 foram marcadas por um aumento constante nas variações de produtos, impulsionado pela concorrência direta nos principais mercados e pela rápida introdução de novos produtos e tecnologias (Jullien e Pardi, 2013). Embora o desenvolvimento de plataformas globais modulares tenha ampliado o número de peças comuns entre as variações de produtos, a variedade e a complexidade dos processos de montagem — especialmente na etapa final — aumentaram continuamente. Isso reforça o papel de trabalhadores de linha experientes e qualificados na organização e otimização do fluxo de produção (Jürgens e Krzywdzinski, 2016; Pardi, 2017). Sob essas condições, estratégias de automação de baixo custo, em particular na montagem final, tendem a prevalecer.

Um terceiro fator mais recente que influencia as estratégias das montadoras é a combinação entre a ecologização e a digitalização do automóvel. Por um lado, a transição para a eletromobilidade e, por outro, o avanço dos carros conectados e autônomos exigem investimentos substanciais de capital por parte das montadoras. Além disso, a esses investimentos deve-se adicionar o importante custo da "limpeza" (redução de emissões) dos motores de combustão interna após o "dieselgate"[3] e o endurecimento das regras de homologação (Klebaner, 2018). Essas tendências têm várias implicações

3. NRT: Um dos maiores escândalos da história da indústria automotiva, ocorrido em 2015, quando a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) notificou a Volkswagen por violar o *Clean Air Act* (principal legislação federal norte-americana voltada ao controle da poluição do ar), após descobrir que carros a diesel estavam equipados com um *software* que detectava quando o veículo passava por testes de emissões. Durante os testes, o programa ativava filtros e reduzia emissões de óxidos de nitrogênio (NOx); no uso normal, esses controles eram desligados, e os carros podiam emitir até 40 vezes mais poluentes do que o permitido.

para as estratégias de automação das montadoras: reduzem o capital disponível para soluções caras de alta tecnologia; aumentam a incerteza quanto à natureza dos produtos futuros e às condições de sua produção; e reforçam, como resultado, a necessidade de flexibilidade de baixo custo na organização fabril.

Embora a indústria 4.0 e conceitos relacionados à manufatura avançada estejam promovendo um novo ciclo de automação de alta tecnologia, os principais motores que fomentaram ondas anteriores de automação no setor automotivo — como problemas de produtividade e qualidade nas montadoras ocidentais nos anos 1980, ou a escassez de mão de obra e o descontentamento dos trabalhadores nas montadoras japonesas no início dos anos 1990 — não se manifestam atualmente.[4] O que se observa, no entanto, é a retomada do impulso ideológico em favor da automação pela automação, difundido pela narrativa da Indústria 4.0. Assim como na década de 1980, prevalece a crença de que "quanto mais automação, melhor; quanto mais inteligentes os robôs, melhor; ou quanto mais próximo de operar sem pessoal, melhor, independentemente das consequências competitivas" (Fujimoto, 1997, p. 215). Resta saber se esse novo impulso será suficiente para desencadear uma verdadeira ruptura revolucionária no setor automotivo ou se, ao contrário, resultará em mudanças graduais e dependentes da trajetória histórica das empresas. Caso a ruptura não se concretize, é fundamental analisar quais impactos essa automação pode trazer para a organização da produção e para as relações de trabalho.

Concepções de revolução industrial como projetos políticos

Durante a década de 2000, observou-se uma redução significativa da participação da indústria no PIB, acompanhada por níveis historicamente baixos de investimento em equipamentos industriais e pela deterioração da balança comercial de bens manufaturados em quase todas as economias maduras. Essas tendências negativas foram exacerbadas pelo impacto da crise de 2008-2009, desencadeando, como resultado, a reativação de políticas industriais voluntaristas em nível nacional e supranacional.[5] Em

4. Pode-se argumentar que há temores de escassez de mão de obra na Alemanha e que o custo do trabalho no setor automotivo na China tem crescido constantemente nos últimos anos, mas nada que se compare às crises estruturais da década de 1980.

5. A Comissão Europeia, por exemplo, estabeleceu uma meta para 2020 de 20% de contribuição da indústria para o PIB da UE (de 15,5% em 2012).

contrapartida, nos países emergentes, notadamente nos BRICs e, em particular, na China, o peso da indústria no crescimento do PIB e os níveis de investimentos industriais aumentaram significativamente antes da crise e permaneceram excepcionalmente altos depois dela.

Nesse contexto, surgem plataformas e projetos da indústria 4.0 e de manufatura avançada na Alemanha e nos EUA, seguidos pelo *Made in China 2025*. Esta seção visa caracterizar essas três iniciativas, enfatizando suas implicações para o setor automotivo.

Alemanha: Indústria 4.0

A Indústria 4.0 foi concebida no contexto da estratégia de alta tecnologia promovida pelo governo alemão a partir de 2006, sob supervisão do Ministério da Educação e Pesquisa e com apoio do Consórcio de Pesquisa entre Indústria e Ciência (*Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft*).[6]

No âmbito do consórcio de pesquisa, um grupo de cientistas e empresas ficou responsável pela elaboração do conceito de "Indústria 4.0". Representantes da indústria de TI (Henning Kagermann, presidente da Acatech e ex-CEO da SAP, Wolfgang Wahlster, presidente do Centro Alemão de Pesquisa em Inteligência Artificial, e Johannes Helbig, ex-membro do conselho do Deutsche Post) lideraram o processo. Em 2013, esse grupo publicou o documento "Recomendações para a Implementação da Indústria 4.0" (Kagermann, Wahlster e Helbig, 2013), que serviu de base para as atividades. No mesmo ano, três associações industriais — VDMA (engenharia mecânica), Bitkom (TI) e ZVEI (engenharia elétrica) — fundaram a Plataforma Indústria 4.0, embora inicialmente sem consenso sobre seu papel. Em 2014, a plataforma foi reestruturada sob a liderança política do governo, com a missão de definir padrões tecnológicos e orientar a política industrial alemã. Do ponto de vista político, a Indústria 4.0 foi uma campanha para mobilizar financiamento público e investimento privado significativos voltados à modernização e inovação tecnológica (Pfeiffer, 2017). Uma razão central para essa mobilização é a percepção de que, embora a Alemanha seja forte na indústria, corre o risco de ficar atrás dos EUA e da

6. Os membros do consórcio de pesquisa incluem institutos Fraunhofer, representantes de outras instituições de pesquisa, a Acatech (Academia Alemã de Ciências da Engenharia). Além disso, há um conjunto diverso de empresas: Boehringer, BASF, Oetker, EADS, Telekom, Deutsche Post, IMC AG (E-learning), Giesecke (sistemas de segurança), Deutsche Bahn, Daimler, Wittenstein, Siemens, Pilz Automation.

China no campo das tecnologias da informação. Assim, a Indústria 4.0 busca desenvolver uma vantagem competitiva global ao combinar a *expertise* em manufatura com avanços em TI.

Embora a visão geral da Indústria 4.0 seja desenvolver a "fábrica inteligente" baseada em sistemas ciberfísicos auto-organizados — um conceito que inclui muita autorregulação descentralizada da tecnologia —, na prática, descreve principalmente um conjunto de tecnologias com diferentes consequências potenciais. A tecnologia básica é a Internet das Coisas, que conecta máquinas, materiais, componentes e trabalhadores entre si. Além dessa tecnologia básica, a Indústria 4.0 inclui uma série de ações adicionais:

- O esforço para integrar infraestruturas de TI frequentemente fragmentadas nas empresas, visando à coleta sistemática de dados dos processos produtivos e à aplicação de técnicas avançadas de análise em tempo real para controle e otimização;
- A introdução dos chamados sistemas de assistência, ou seja, sistemas executados em dispositivos como tablets, óculos de dados, relógios inteligentes, luvas inteligentes e outros, que fornecem informações aos trabalhadores, mas também permitem um controle mais rigoroso do trabalho nos processos de fabricação; e, finalmente, novas abordagens para automação de operações manuais.

Outros avanços tecnológicos, como a impressão 3D e a inteligência artificial, permanecem restritos a nichos específicos na indústria manufatureira. No setor automotivo, a impressão 3D é utilizada principalmente para produzir peças de reposição individuais e protótipos, enquanto sua aplicação na produção em massa ainda enfrenta desafios técnicos e econômicos, como custos elevados e falta de padronização. Da mesma forma, as soluções de inteligência artificial concentram-se em tarefas especializadas, como sistemas de reconhecimento de imagem para controle de qualidade. Aplicações mais sofisticadas de inteligência artificial — por exemplo, para o direcionamento de veículos autônomos em logística interna — estão em fase experimental e ainda não foram implantadas em larga escala nas fábricas.

Integração de infraestruturas de TI e novas formas de controle e otimização de processos

A Indústria 4.0 traz novas possibilidades para otimizar processos produtivos com base em dados. Ao integrar todos os níveis de sistemas de TI, como o controle de máquinas aos sistemas de execução de manufatura (*manufacturing execution systems* - MES) e o planejamento de recursos empresariais (*enterprise resource planning* - ERP), a Indústria 4.0 visa proporcionar à gerência ampla transparência dos processos. O estudo de Nyhuis *et al.* (2017; Schlick *et al*. 2014; Meyer *et al*. 2018) sobre o impacto da Indústria 4.0 no planejamento da produção enfatiza os potenciais de otimização, por exemplo, (a) no planejamento do programa de produção por meio do uso de avaliações dos dados massivos (*big data*) extraídos de mecanismos de busca e outros indicadores de demanda futura, (b) no gerenciamento de pedidos, acelerando o fluxo de informações sobre o andamento do processamento de pedidos, e (c) no controle da manufatura, ao prover dados mais precisos e rápidos sobre o uso de máquinas, pedidos pendentes e avarias.

Particularmente, as novas abordagens para a gestão de pedidos e controle da produção podem impactar áreas de trabalho tradicionalmente dominadas por mão de obra qualificada. Um exemplo é o trabalho de manutenção, domínio de trabalhadores qualificados. Há muito tempo as empresas tentam estruturar e racionalizar os processos de trabalho em manutenção. Em particular, a introdução das abordagens de Manutenção Produtiva Total (TPM) como um elemento da produção enxuta impulsionou a mudança.

Parte da abordagem de TPM refere-se ao planejamento baseado em dados do trabalho de manutenção, visando evitar períodos de inatividade das máquinas (Wireman, 1991). As abordagens de "manutenção inteligente" no contexto da Indústria 4.0 representam uma transformação qualitativa significativa (Acatech, 2015). Com a difusão da internet das coisas e a integração de sistemas de TI, as empresas passaram a gerar e acessar grandes volumes de dados de processo em tempo real. Isso exige dos profissionais de manutenção novas competências, especialmente em análise de dados e compreensão de sistemas digitais (Güntner *et al*., 2015). Como resultado, a profissão de manutenção está deixando de ser vista apenas como a de "encantadores de máquinas" — especialistas em ajustes mecânicos — e se aproximando do perfil de analista de dados, capaz de interpretar informações e tomar decisões baseadas em indicadores digitais. Essa mudança implica uma reestruturação dos empregos na área.

Por um lado, o maior nível de transparência dos processos de produção e o controle do trabalho de manutenção baseado em dados permitem uma maior alocação de tarefas de manutenção aos trabalhadores da produção. Estudos iniciais relatam o uso de sistemas de assistência para transferir tarefas de manutenção mais simples para a produção (Ullrich *et al*., 2018; Löhrer *et al*., 2018): sistemas de tecnologia vestíveis[7] podem indicar, por exemplo, quando e em que ordem uma determinada parte do dispositivo deve ser inspecionada pelo trabalhador; quando necessário, esses sistemas também podem conectar um especialista ao local de trabalho para fornecer instruções sobre como reparar a máquina. Por outro lado, a abordagem de "manutenção inteligente" recomenda a centralização do monitoramento dos processos de resolução de problemas relacionados a máquinas (Acatech, 2015). Nos novos centros de manutenção, engenheiros e analistas de dados controlam a operação das máquinas e planejam as atividades de manutenção. A responsabilidade dos trabalhadores de manutenção se reduz à execução das instruções deste centro de controle — o que significa menos requisitos de qualificação.

Novidades como a abordagem de "manutenção inteligente" ainda estão em seus primórdios. No entanto, mostram um futuro possível em que a digitalização reduzirá a necessidade de mão de obra qualificada na produção. Ela criará estruturas de emprego altamente polarizadas nas fábricas, compostas por engenheiros e analistas de dados, de um lado, e trabalhadores não qualificados, do outro.

Introdução de sistemas de assistência

A introdução de sistemas digitais de assistência no chão de fábrica constitui um dos pilares da Indústria 4.0. Esses sistemas, baseados em infraestruturas de TI e bancos de dados, fornecem informações em tempo real aos trabalhadores, podendo ser executados em diversos dispositivos. Na montagem, estes sistemas de assistência geralmente são executados em painéis digitais que ajudam na visualização de cada etapa dos processos de trabalho, na resolução de problemas e no controle do processo de trabalho, solicitando a confirmação de cada operação realizada. Na logística, a mais nova geração de sistemas de

7. N.R.T.: As tecnologias vestíveis ou dispositivos vestíveis são tecnologias que se apresentam na forma de dispositivos iguais ou similares a peças de roupa ou equipamentos vestíveis, tais como relógios, pulseiras ou até mesmo óculos de realidade virtual.

assistência opera em óculos de dados. Há também sistemas de assistência que utilizam dispositivos como luvas "inteligentes" equipadas com *chips* RFID (*radio frequency identification*), rastreadores de localização e movimento e sinais luminosos. Elas podem ser alimentadas, por exemplo, com informações sobre a sequência correta de movimentos ou peças a serem coletadas e emitem uma luz de advertência se o trabalhador não realizar a operação de acordo com os padrões estabelecidos.

As empresas esperam que os sistemas de assistência facilitem a integração dos novos funcionários ao processo produtivo sem interrupção nas operações. Isso é visto como uma resposta aos problemas relacionados à integração de novos grupos (por exemplo, imigrantes) e ao aumento da rotatividade de pessoal.

Original Equipment Manufacturers (OEMs) e seus fornecedores estão testando uma variedade de projetos que introduzem sistemas de assistência, com destaque para a intralogística como campo de aplicação regular. Sistemas como o *pick-by-light* (orientação por sinais luminosos) e o *pick-by-voice* (orientação por comandos de voz) já são utilizados há bastante tempo, auxiliando os trabalhadores na identificação dos itens a serem coletados. Mais recentemente, as empresas passaram a experimentar o *pick-by-vision*, que utiliza óculos de dados conectados ao sistema de gerenciamento de pedidos para exibir, passo a passo, quais produtos devem ser coletados, sua localização no depósito e a ordem de coleta. A confirmação da coleta correta pode ser feita por meio de câmeras embutidas ou chips RFID usados pelos trabalhadores, permitindo também a localização precisa dos funcionários.

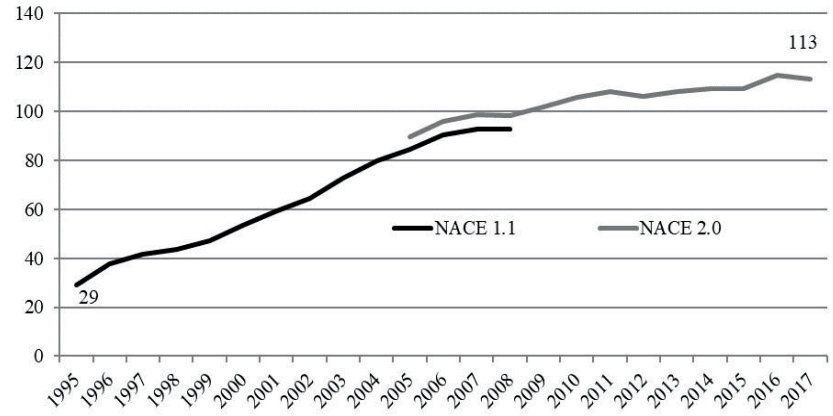
O uso de tais sistemas de assistência tem potencial para facilitar a execução do trabalho na fábrica. Para trabalhadores semiqualificados, que frequentemente enfrentam alta pressão de tempo e exigências rigorosas de qualidade e segurança, esses sistemas de assistência digital podem ajudar a mitigar o estresse (Kuhlmann, Splett e Wiegrefe, 2018). Os trabalhadores agora podem executar tarefas complexas e *ad hoc* sem receio de cometer erros, pois recebem instruções em tempo real. Além disso, procedimentos e padrões aprimorados tendem a melhorar a saúde e segurança dos funcionários. Contudo, persistem dúvidas sobre os impactos de longo prazo do uso de sistemas de assistência digital nos processos de aprendizagem no chão de fábrica

(Butollo *et al.*, 2019). Entre os possíveis efeitos negativos, destaca-se a redução das oportunidades de aprendizagem experiencial. A adoção de sistemas de assistência digital no chão de fábrica tende a reduzir o papel da percepção e da experiência prática dos funcionários, elementos fundamentais para a aprendizagem. Além disso, a capacidade desses sistemas de coletar dados detalhados sobre o desempenho e os comportamentos dos funcionários levanta questões relevantes para a negociação coletiva.

Novas abordagens para automação

Já está claro que a automação tradicional — baseada na mecanização e robotização de tarefas — não é o foco central dos conceitos de Indústria 4.0. Nos últimos anos, especialmente nas regiões europeias com altos salários na indústria automotiva, não houve grande avanço adicional em automação. Isso decorre principalmente do fato de a produção nessas localidades já ter atingido níveis elevados de automação. Nas montadoras, as oficinas de funilaria e pintura já estão quase totalmente automatizadas, restando a montagem final, ainda predominantemente manual. Segundo pesquisa de Krzywdzinski, Jürgens e Pfeiffer (2016), 54% das empresas automotivas alemãs possuem produção fortemente ou predominantemente automatizada, 36% apresentam produção mista e apenas 10% mantêm processos majoritariamente manuais. A figura a seguir ilustra que o avanço da automação na indústria automotiva alemã tem ocorrido de forma gradual e ao longo de décadas. Embora os robôs industriais representem apenas uma das tecnologias de automação disponíveis, seu uso exemplifica essa tendência. Observa-se que, nos últimos anos, o ritmo de crescimento da utilização de robôs desacelerou em comparação à rápida expansão registrada na década de 1990. Esse fenômeno pode ser explicado pelo fato de que a maior parte dos robôs industriais está concentrada nas oficinas mecânicas, nas quais os níveis de automação já ultrapassam 90%.

Figura 1 – Estoque de robôs industriais por mil funcionários na indústria automotiva alemã, 1995-2015

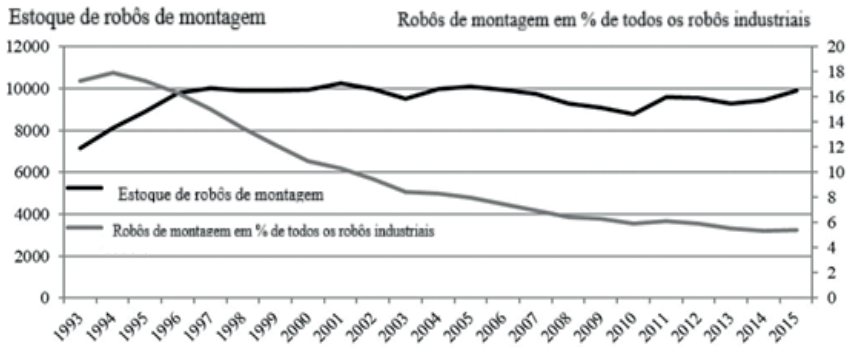


Fonte: Eurostat sbs_na_2a_dfdn e sbs_na_ind_r2; Federação Internacional de Robótica, World Robotics 1.1.14.

Nota: A NACE corresponde aos códigos setoriais utilizados pelo Eurostat, que alterou a classificação em 2008 de NACE 1.1 para NACE 2 (aqui, refere-se ao número de empregados na indústria automotiva alemã).

Atualmente, o trabalho manual ainda predomina nas áreas de montagem das OEMs e dos fornecedores. Uma inovação importante no contexto da Indústria 4.0, voltada a automatizar tarefas de montagem, são os chamados robôs "colaborativos" (*cobots*), que podem ser usados de forma flexível e cujo preço caiu drasticamente nos últimos anos. Apesar do entusiasmo, a adoção dos *cobots* permanece restrita. Projetos-piloto em fábricas alemãs concentram-se em poucas áreas, sem provocar uma automação generalizada da montagem. Atualmente, os *cobots* são empregados principalmente em tarefas repetitivas ou ergonomicamente desfavoráveis, contribuindo mais para a melhoria das condições de trabalho do que para a substituição de empregos. Contudo, diversos fatores limitam sua expansão: condições espaciais inadequadas, grande variedade de peças e variantes, além da volatilidade dos processos de fabricação. Como ilustrado na figura seguinte, o número de robôs de montagem na Alemanha não aumentou desde a década de 1990, e sua participação no total de robôs industriais está em declínio.

Figura 2 – Robôs de montagem na Alemanha, 1993-2015



Fonte: Federação Internacional de Robótica, World Robotics 1.1.14.

Estados Unidos: iniciativa de manufatura avançada

A abordagem de "manufatura avançada" foi desenvolvida pelo governo dos EUA como uma forma de revitalizar o setor manufatureiro, em particular as indústrias de alta tecnologia, após a crise financeira de 2009. Sua origem remonta ao relatório *Manufacturing in America* do Departamento de Comércio dos EUA, de 2004, que já alertava para o enfraquecimento da base manufatureira de produtos de alta tecnologia, especialmente computadores e eletrônicos, semicondutores e equipamentos elétricos (US DoC, 2004, p. 20). O relatório foi publicado após a recessão de 2001, desencadeada pelo estouro da bolha das pontocom, e expressou dúvidas sobre a capacidade dos serviços digitais de substituir a manufatura como motor de crescimento econômico de longo prazo. Além disso, destacou a importância de manter uma base manufatureira forte para garantir a liderança dos EUA em novas tecnologias e oferecer empregos de qualidade (US DoC, 2004).

Após a "grande recessão" de 2009, o governo dos Estados Unidos intensificou sua política industrial, destacando-se pela decisão de resgatar a GM e a Chrysler da falência. Essa intervenção resultou na reestruturação das *Big Three* norte-americanas, com medidas como fechamento de fábricas, redução de capacidade produtiva e renegociação dos custos trabalhistas, visando restaurar a competitividade do setor. Os principais argumentos para essa ação foram a proteção de empregos qualificados e o fortalecimento de uma indústria estratégica, relevante para pesquisa e desenvolvimento (P&D). Além disso, o foco da nova política deslocou-se do setor manu-

fatureiro tradicional para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras. Segundo o Conselho Presidencial de Assessores em Ciência e Tecnologia (PCAST, 2011, p. 3-4), desde 2001 os EUA passaram a ser importadores líquidos de bens de alta tecnologia, acumulando um déficit de US$ 81 bilhões em 2010 e reduzindo sua participação nas exportações globais de alta tecnologia de cerca de 20% para 11% entre o final dos anos 1990 e 2008. Para enfrentar esse cenário, o PCAST recomendou ao governo Obama o lançamento da Iniciativa de Manufatura Avançada (*Advanced Manufacturing Initiative* – AMI), ressaltando que a capacidade de inovação e competitividade do país dependia da revitalização do setor manufatureiro. O relatório também enfatizou que um setor de manufatura avançada robusto era essencial para a "segurança nacional" (p. 14). Em resposta, a AMI foi lançada em 2011, seguida pela criação da Parceria de Manufatura Avançada (*Advanced Manufacturing Partnership* – AMP) em 2012, com um orçamento federal inicial de aproximadamente US$ 500 milhões.

Desde o início, a AMP se configura como um instrumento típico da política industrial dos EUA. Por um lado, busca mitigar riscos de falhas de mercado no desenvolvimento de novas tecnologias, justificando a intervenção estatal de modo compatível com os princípios do *laissez-faire* historicamente endossados pelos governos americanos. Por outro lado, ao priorizar a segurança nacional na agenda de inovação, a AMP reforça o compromisso de longo prazo dos governos americanos com o complexo industrial-militar e o sistema nacional de inovação que o sustenta (Noble, 1984; O'Sullivan *et al.*, 2013; Daudt e Willcox, 2016).

A principal iniciativa da AMP foi a criação de uma Rede Nacional para Inovação em Manufatura (NNMI), composta por institutos regionais de pesquisa denominados Institutos de Manufatura Inovadora (IMI). Em 2012, o governo federal destinou US$ 1 bilhão para financiar os primeiros 15 IMI, ampliando o investimento em 2016 com mais US$ 1,9 bilhão para alcançar 45 institutos até 2025. A administração desses recursos é realizada por duas agências vinculadas ao complexo científico-militar: a DARPA (Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa) e o NIST (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia). Cada IMI é especializado em áreas tecnológicas estratégicas e funciona como uma parceria público-privada. Embora o modelo se inspire nos Institutos Fraunhofer da Alemanha, o foco dos IMI norte-americanos difere, privilegiando o desenvolvimento de novos materiais e tecnologias voltadas para setores como defesa e energia, em vez de uma integração ampla de sistemas digitais como propõe a Indústria 4.0. Dos cinco

primeiros institutos criados entre 2012 e 2014, três foram dedicados a novos materiais sob supervisão do Departamento de Defesa (DoD), enquanto dois focaram em eletrônica de potência, gerenciados pelo Departamento de Energia (DoE). Até agosto de 2018, haviam sido criados 15 IMIs, dos quais oito se concentram em áreas como tecidos funcionais, biomateriais, impressão 3D, materiais compósitos e materiais leves. Apenas dois institutos têm como foco principal a robótica, inteligência artificial e manufatura digital, evidenciando uma prioridade distinta em relação ao modelo alemão.

No geral, o DoD concentra metade dos gastos federais totais em P&D (Daudt e Willcox, 2016). Além disso, todas as principais empresas envolvidas no AMP, como General Electric, Lockheed Martin, Boeing, Raytheon, IBM, Honeywell, Alcoa, John Deere, ABB e DuPont, são americanas e historicamente ligadas ao complexo industrial-militar, atuando nos setores de defesa e aeroespacial.

Embora o propósito de longo prazo do AMP seja fomentar o "surgimento de novas grandes indústrias", até o momento, seu impacto no chão de fábrica parece muito restrito à produção aeroespacial cuja escala é limitada quando comparada ao setor manufatureiro.

O Consórcio Industrial da Internet: a resposta privada à indústria 4.0

O equivalente americano à plataforma Indústria 4.0 é o Consórcio Industrial da Internet (IIC), uma iniciativa privada fundada pela General Electric e IBM em 2014, que reúne mais de 300 empresas associadas. O principal objetivo do IIC é competir com a Indústria 4.0 na definição de padrões de interoperabilidade para a Internet das Coisas (IoT).

O Consórcio Industrial da Internet (IIC), em parceria com a associação de padrões IEEE, desenvolveu a Arquitetura de Referência da Internet Industrial (IIRA). Essa arquitetura representa uma alternativa ao Modelo Arquitetônico de Referência da Indústria 4.0 (RAMI 4.0), ambos voltados para a criação de padrões de interoperabilidade na Internet das Coisas (IoT) industrial. Desde 2015, o IIC e a plataforma Industrie 4.0 passaram a colaborar, incluindo representantes de empresas alemãs como Bosch e SAP no comitê diretor do IIC. Apesar de os padrões de interoperabilidade ainda estarem em fase inicial de desenvolvimento (Lu, Morris e Frechette, 2016), o objetivo desses consórcios é estabelecer as bases para a ampla adoção da IoT industrial, definindo e controlando os padrões que permitirão essa in-

tegração. A interoperabilidade é fundamental para garantir que diferentes sistemas e dispositivos industriais possam se comunicar de forma eficiente, promovendo inovação e competitividade no setor automotivo.

Na Alemanha, empresas líderes de *software* (como SAP), tecnologia da informação e engenharia mecânica (Bosch, Siemens, entre outras) atuaram de forma coordenada para pressionar o governo central, obtendo financiamento e apoio político para o desenvolvimento da plataforma Indústria 4.0. Como resultado, a fábrica inteligente tornou-se parte central da política industrial alemã, beneficiando-se do envolvimento amplo do sistema nacional de inovação. Nos Estados Unidos, por outro lado, esse tipo de integração é menos frequente. O financiamento público para políticas de inovação é predominantemente gerenciado pelo Departamento de Defesa, direcionado à indústria aeroespacial e ao complexo científico-industrial tradicional. Nesse contexto, fábricas inteligentes e tecnologias de manufatura digital ainda recebem atenção limitada.

Diferentes fatores explicam o papel marginal da manufatura digital no contexto da manufatura avançada nos Estados Unidos. Do ponto de vista tecnológico, a experimentação e difusão de soluções inteligentes e baseadas em nuvem no setor de Defesa enfrentam obstáculos significativos, especialmente devido à vulnerabilidade dessas tecnologias a ameaças de segurança cibernética (Lu, Morris e Frechette, 2016). Além disso, o uso de inteligência artificial em aplicações militares é problemático: algoritmos avançados, como redes neurais e sistemas de aprendizado profundo, não oferecem explicações claras para suas decisões, o que é incompatível com a necessidade de transparência e responsabilidade na cadeia de comando militar.

Por outro lado, fatores econômicos também influenciam esse cenário. Ao contrário da Alemanha, nos EUA a disponibilidade e o custo da mão de obra qualificada e não qualificada não representam um obstáculo relevante para a indústria manufatureira. Os salários por hora no setor industrial permaneceram estagnados durante a década de 2000 e sofreram queda significativa após a crise de 2009. Segundo Sirkin *et al.* (2014, p. 5), os EUA tornaram-se, nesse período, um dos destinos mais atrativos para a indústria transformadora global, devido ao crescimento moderado dos salários, ganhos contínuos de produtividade, taxas de câmbio estáveis e vantagens nos custos energéticos. Essa tendência é especialmente evidente no setor automotivo, em que os salários médios reais por hora caíram 13% entre 2004 e 2015 (Dziczek, 2016). Como resultado, o incentivo à automação e

à adoção de fábricas inteligentes é menor, já que o custo da mão de obra permanece competitivo.

Impacto no setor automotivo

O setor automotivo dos Estados Unidos tem participação limitada na Plataforma de Manufatura Avançada. Inicialmente, apenas a Ford esteve envolvida, seguida posteriormente pela GM. O foco predominante da plataforma em novos materiais de alta tecnologia e manufatura aditiva evidencia o papel secundário dos fabricantes de automóveis, já que essas tecnologias ainda apresentam restrições para aplicação em larga escala na produção automotiva. Situação semelhante ocorre no Consórcio Industrial da Internet, no qual apenas alguns fornecedores dos segmentos elétrico e eletrônico estão representados. Como resultado, o impacto dessas iniciativas no chão de fábrica das montadoras norte-americanas permanece, até o momento, quase inexistente. As poucas exceções se restringem a projetos-piloto em fábricas de montadoras *premium* alemãs,[8] nos quais *cobots* foram testados de forma experimental.

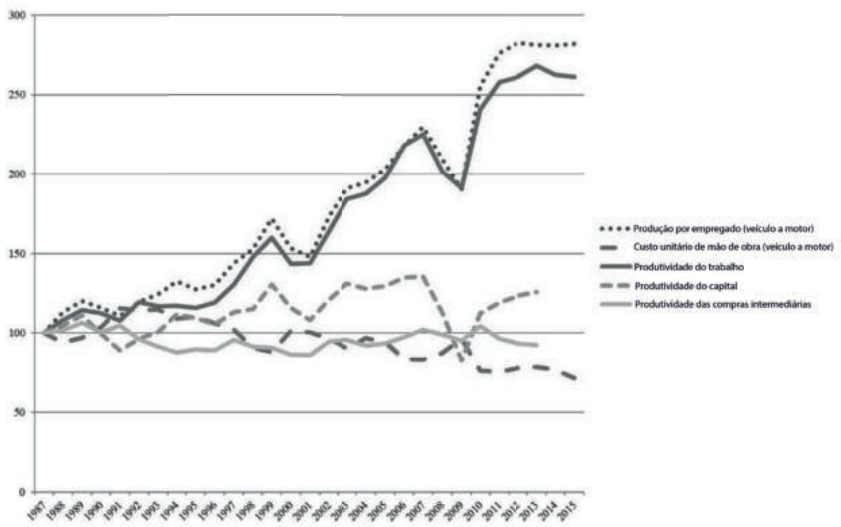
Desde o início dos anos 2000, o setor automotivo dos Estados Unidos tem passado por um intenso processo de reestruturação, que se agravou significativamente após a crise financeira de 2008. Esse período foi marcado pela recuperação das montadoras General Motors (GM) e Chrysler, conhecidas, junto com a Ford, como as *Big Three* do setor automotivo norte-americano. Como resultado da crise, houve o fechamento de 13 fábricas e a eliminação de aproximadamente 128.000 postos de trabalho, levando essas empresas a reduzir drasticamente sua capacidade produtiva. Essas medidas foram essenciais para restaurar a competitividade das montadoras em termos de custos operacionais, permitindo que se adaptassem a um novo cenário econômico e industrial (Klier e Rubenstein, 2012).

A recuperação, seguida pelo rápido restabelecimento do mercado americano de carros novos, proporcionou às *Big Three* (General Motors, Ford e Chrysler) uma oportunidade financeira para modernizar suas fábricas remanescentes. Entretanto, em vez de promover a adoção de tecnologias disruptivas da Indústria 4.0 — como automação avançada e integração digital — o foco tem sido a substituição incremental de máquinas antigas por equipamentos mais sofisticados, visando aprimorar a qualidade e a flexibilidade dos processos produtivos. Apesar do volume expressivo de investimentos em novas

8. Na fábrica da BMW em Spartanburg, na Carolina do Sul.

máquinas, as taxas de automação permaneceram praticamente inalteradas (Dincer, 2016). Dados do *Bureau of Labor Statistics* (BLS) mostram que, desde a década de 2000, a produtividade do trabalho na indústria automotiva americana aumentou substancialmente, impulsionada sobretudo por mudanças nas regras trabalhistas e pela intensificação do ritmo de trabalho, enquanto a contribuição dos investimentos de capital para o crescimento da produtividade total dos fatores foi relativamente limitada.

Figura 3 – Produtividade por fator na indústria automotiva dos EUA (1987-2015) base 100-1987)



Fonte: BLS (https://www.bls.gov/data/).

Essas tendências são confirmadas por evidências do chão de fábrica. Ao analisar a introdução de novas máquinas na fábrica de *powertrain* da GM em Tonawanda, Evren Dincer (2016) observou que houve pouco impacto no número total de funcionários. No entanto, identificou mudanças mais sutis, como a eliminação das fronteiras entre profissões especializadas, a adoção de equipes multiqualificadas para manutenção, o rompimento de regras tradicionais de trabalho e a reorganização do sistema de treinamento para profissionais qualificados.

Essas transformações, embora importantes por enfraquecerem o poder de barganha sindical — especialmente em um dos últimos redutos sindicais

das chamadas *Big Three* — não representam uma ruptura com a lógica de reestruturação vigente desde o início dos anos 2000. O objetivo de longo prazo tem sido flexibilizar padrões e regras trabalhistas nas fábricas sindicalizadas, buscando competir com as montadoras japonesas instaladas nos estados do Sul dos EUA, onde os custos de mão de obra são menores e a flexibilidade é maior (Klier e Rubenstein, 2013; Freyssenet e Jetin, 2011).

O paradigma de produção enxuta, adotado por essas empresas, baseia-se em automação de baixo custo, cadeias de suprimentos *just-in-time*, alta intensidade de trabalho e uso extensivo de trabalhadores temporários (Lepadatu e Janoski, 2018). Esse modelo permanece central em todas as transformações recentes da indústria automotiva estadunidense.

China: *Made in China* 2025

O programa *Made in China 2025* (MiC 2025) é considerado um dos projetos mais ambiciosos no cenário global para o desenvolvimento da manufatura inteligente. Trata-se de uma iniciativa coordenada entre o governo chinês, instituições de pesquisa e o setor industrial, com o objetivo de estabelecer uma base industrial avançada em dez setores emergentes, como tecnologia da informação, robótica, aeroespacial e veículos elétricos. Segundo Lüthje e McNally (2015), o MiC 2025 é um componente central da estratégia chinesa de "desenvolvimento impulsionado pela inovação", lançada em 2013 para promover o reequilíbrio econômico do país — migrando de um modelo focado em exportações para um crescimento orientado pelo mercado interno.

O programa *Made in China 2025* reúne um amplo espectro de atores industriais, adotando uma abordagem distinta daquela baseada na criação de campeões nacionais por meio de empresas estatais reestruturadas — estratégia que, no passado, mostrou-se pouco eficaz em setores como o automotivo e de telecomunicações. Em vez disso, o MiC 2025 prioriza o fortalecimento de multinacionais chinesas de média e alta tecnologia, atuantes em áreas como energia solar, turbinas eólicas, iluminação LED, eletrodomésticos, telecomunicações e serviços avançados de internet. Essa orientação reflete a ascensão de grandes empresas privadas, como Huawei, Haier e BYD, que vêm impulsionando a inovação e promovendo uma transformação significativa nas relações de poder econômico na China, com impactos diretos na dinâmica industrial e na competitividade global do país.

Enquanto a Indústria 4.0 alemã é amplamente reconhecida como referência internacional em modernização industrial, o programa *Made in China 2025* propõe uma abordagem mais abrangente. O MiC 2025 não se limita à promoção de robôs e automação industrial; seu foco está no desenvolvimento de setores emergentes, como tecnologia da informação, energias renováveis, veículos elétricos e biotecnologia. Essa estratégia evidencia uma forte orientação para o fortalecimento e integração das cadeias de valor, visando posicionar a China como líder em segmentos industriais estratégicos. Como destacado pelo presidente Xi Jinping em diversos discursos, o objetivo final é consolidar redes globais de produção sob liderança chinesa, promovendo a internacionalização das empresas nacionais e redefinindo o papel da China[9] nas cadeias produtivas mundiais.

O foco das discussões sobre políticas públicas na China tem se deslocado das perspectivas de fábricas totalmente automatizadas e sem trabalhadores para o desenvolvimento de infraestrutura crítica, redes e plataformas avançadas de dados — como inteligência artificial, computação em nuvem e a chamada "internet industrial". Esse movimento acompanha uma corrida global pela criação de plataformas digitais para a manufatura, conhecidas como "internet industrial" (Industrial Internet) e "internet das coisas" (IoT). Embora os termos sejam próximos, a internet industrial refere-se especificamente à integração de sistemas operacionais para equipamentos industriais, conectando máquinas, centros de dados e dispositivos de controle em ambientes produtivos, como fábricas e estaleiros.

Na China, estima-se que cerca de 25 dessas plataformas estejam em desenvolvimento (dados de 2025), impulsionadas por gigantes da tecnologia e telecomunicações — como Alibaba (*e-commerce e cloud*), Tencent (serviços digitais), Huawei (infraestrutura de redes) — e grandes empresas industriais, como Sany (máquinas pesadas), Haier (eletrodomésticos conectados) e Foxconn (eletrônica). Essa diversidade de atores reflete o esforço coordenado do país para liderar a transformação digital da manufatura e consolidar sua posição na economia global.

O programa *Made in China 2025* enfrenta desafios decorrentes da coexistência de políticas *top-down* (impostas pelo governo central) e *bottom-up* (iniciativas locais e provinciais), uma característica marcante do capitalis-

9. Xi Jinping (2016), zhongquanhui jingshen zhuanti yantao banshang de jianghua (Discurso na reunião de estudos dos principais quadros provinciais para promover o espírito da 5ª reunião do comitê central do 18º congresso do partido). Pequim: Xinhua.

mo emergente chinês e de sua regulamentação (McNally, 2014). Enquanto governos provinciais e locais são responsáveis por grande parte do financiamento e implementação, eles também competem entre si por projetos de pesquisa e reconhecimento do governo central. Essa competição resulta na definição de metas quantitativas ambiciosas nos planos quinquenais, muitas vezes difíceis de serem alcançadas na prática. Como consequência, observa-se uma expansão excessiva do setor e uma concorrência pouco eficiente: atualmente, existem mais de 40 parques industriais dedicados à produção de robôs e cerca de dois mil fornecedores de robótica e componentes, embora apenas uma fração deles seja realmente competitiva no mercado internacional (Wübbeke *et al.*, 2016).

Fazer catching-up ou avançar? Automação no chão de fábrica[10]

Qual é o impacto do impulso chinês à manufatura digital no chão de fábrica? O cenário atual é heterogêneo entre setores industriais e empresas em vários níveis das cadeias de valor. Essas diferenças refletem a natureza segmentada da modernização e inovação industrial, característica da variedade de capitalismo emergente na China.

Grandes empresas estatais e *joint ventures* já operam com alto grau de automação. A maioria das fábricas de automóveis na China, por exemplo, utiliza tecnologias como robôs industriais, sistemas de controle digital e linhas de montagem flexíveis, importados principalmente da Europa e Japão durante o *boom* da indústria automotiva na última década. Os trabalhadores nas fábricas principais são relativamente bem remunerados e treinados, mas a pressão por produtividade frequentemente se intensifica, levando as montadoras a recorrer a trabalhadores temporários para manter baixos os custos salariais. Dado o alto nível de automação, não há muito incentivo para introduzir novos modelos de manufatura digital e inovação nas cadeias de produção e suprimentos.

Grandes firmas privadas e multinacionais cresceram principalmente por meio de inovações em produtos voltados ao mercado doméstico. No entanto, suas operações permanecem relativamente simples e intensivas em mão

10. A seguir, um resumo dos resultados do nosso programa de estudo de campo em andamento, sob a Cátedra Volkswagen de Relações Industriais e Desenvolvimento Social da Universidade Sun Yat-sen. Até o momento, foram realizados cerca de trinta estudos de campo, a maioria deles no Delta do Rio das Pérolas. Para uma explicação sistemática, ver Butollo e Luethje (2017).

de obra, empregando um grande contingente de trabalhadores migrantes com baixos salários. Diante desse cenário, há forte incentivo para modernizar processos produtivos e cadeias de suprimentos. Algumas dessas empresas já implementaram fábricas-piloto nacionais de manufatura digital no âmbito do programa *Made in China* 2025, enquanto outras investiram em aquisições estratégicas de tecnologia estrangeira, como a compra da empresa alemã de robótica Kuka pela Midea.

Entre as numerosas indústrias de montagem com uso intensivo de mão de obra — ainda a espinha dorsal da economia exportadora da China —, os principais incentivos para a modernização da manufatura são os aumentos do salário-mínimo, a escassez regional de mão de obra e a crescente exigência de qualidade pelos clientes. Muitas pequenas e médias empresas passaram a adotar equipamentos de automação digital e robôs simples, relativamente baratos, fornecidos por fabricantes chineses e fortemente subsidiados por governos locais. Essas empresas, situadas na base das cadeias de suprimentos de grandes corporações globais e chinesas, enfrentam contínua pressão por preços e, por isso, necessitam de retorno rápido sobre seus investimentos.

Nesse contexto, grande parte das recentes atividades de automação nas fábricas chinesas pode ser caracterizada como uma tentativa de "alinhar-se" aos padrões internacionais de organização da manufatura, em vez de "avançar" para a liderança tecnológica. Embora haja rápido crescimento em sistemas computadorizados de controle de dados, a digitalização predominante ainda corresponde aos estágios da indústria 2.0 ou 3.0 — marcados pela informatização e automação básica — e não à indústria 4.0, que envolve integração de robôs flexíveis, inteligência artificial e redes de *big data*. Como explicou Fang Hongbo, CEO da Midea, em entrevistas recentes à mídia, "a maior parte das tecnologias de automação na China ainda está no estágio da indústria 2.0 ou 3.0, mas não da 4.0".[11]

Manufatura digital na indústria automotiva

A indústria automotiva tradicional não ocupa posição estratégica no programa *Made in China 2025*; apenas o segmento de Veículos de Nova Energia (NEV) — ou seja, veículos elétricos e híbridos — integra as dez indústrias emergentes priorizadas pelo governo chinês. Nesse contexto, a

11. Cf. *Handelsblatt*, 7/8/9 de julho de 2017, p. 13.

China busca superar as montadoras tradicionais dos países desenvolvidos, promovendo marcas e inovação nacionais, objetivo ainda não alcançado no setor dominado por *joint ventures* entre empresas chinesas e estrangeiras. Embora algumas montadoras, especialmente alemãs, divulguem amplamente parcerias com a China em iniciativas de Indústria 4.0, observa-se que, na prática, tais esquemas de manufatura digital têm impacto limitado no chão de fábrica. Predomina a racionalização baseada na consolidação e otimização de métodos de produção enxuta, com foco na eficiência operacional, especialmente diante do "novo normal" da economia chinesa[12] — caracterizado por taxas de crescimento significativamente menores em comparação às duas décadas anteriores (Lüthje e Tian, 2015).

Esse cenário confirma uma tendência global na indústria automotiva: nos principais setores, o elevado grau de automação reduz o estímulo para a adoção de modelos radicalmente inovadores de manufatura digital. Por outro lado, observa-se atualmente uma profunda reestruturação dos processos produtivos e das cadeias de valor, especialmente no segmento de Veículos de Nova Energia (NEV) e entre fornecedores automotivos de médio e pequeno porte (Lüthje, 2018).

No setor de veículos, como elétricos e híbridos, os volumes de produção na China ainda são baixos e sujeitos a frequentes alterações de modelos, padrões técnicos e exigências regulatórias. Por esse motivo, a montagem manual permanece predominante entre as montadoras chinesas, pois oferece maior flexibilidade diante dessas mudanças constantes. As principais montadoras globais, por sua vez, têm optado por integrar modelos eletrificados às linhas de montagem já existentes, utilizando as plataformas de seus veículos tradicionais. No entanto, a cota de produção de NEV estabelecida pelo governo chinês em 2018 exige um aumento significativo nos volumes fabricados, o que pode impulsionar a adoção de processos mais automatizados e a construção de fábricas dedicadas exclusivamente a esses veículos.[13] Um exemplo é a FAW-VW, que inaugurou uma unidade ul-

12. O termo se refere à transição entre o contexto pré-2007-2009, quando o crescimento econômico da China era de dois dígitos, para a situação atual, quando o crescimento econômico médio ficou em torno de 6-7%.

13. Até 2018, a política para veículos elétricos (NEVs) consistia principalmente em subsidiar a compra e a produção desses veículos. Com a retirada gradual dos subsídios de 2019 a 2021, as montadoras devem incluir uma determinada porcentagem de NEVs em suas vendas: as metas para 2019 e 2020 são, respectivamente, de 10% e 12%. No entanto, com base em sua eficiência energética e autonomia elétrica, cada EV vendido pode contar até seis vezes mais do que um veículo convencional (Muniz, Belzowski e Zhu, 2019).

tramoderna em Foshan, baseada em uma nova plataforma específica para veículos elétricos.[14]

No setor de suprimentos da indústria automotiva chinesa, a automação e a digitalização são impulsionadas principalmente pela pressão por redução de custos e pela busca por maior qualidade nos processos produtivos. Alguns dos principais fornecedores chineses de segundo e terceiro níveis, como a CITIC Dicastal (ligas de rodas) e a Desai (eletrônica automotiva), têm investido em projetos de automação tanto na produção quanto no gerenciamento da cadeia de suprimentos, alguns deles considerados modelos dentro do programa *Made in China 2025*. Essas empresas representam fabricantes de médio porte que estão migrando de operações predominantemente manuais para processos semiautomatizados. No entanto, essa transição ocorre de forma conservadora, priorizando ganhos incrementais em eficiência e qualidade, além da ampliação dos bancos de dados industriais. No segmento de eletrônica automotiva, essas mudanças se conectam à expansão da produção de NEV, já que fabricantes chineses vêm investindo também em sistemas de controle de baterias e conjuntos de células.[15]

Na base da cadeia de suprimentos automotivos, processos básicos de fabricação de peças metálicas, como retificação, fresagem e polimento, caracterizam-se por serem tarefas repetitivas e padronizadas, o que favorece a adoção de robôs de baixo custo. Esses robôs são normalmente utilizados para substituir trabalhadores migrantes semiqualificados, que possuem longa experiência profissional e salários relativamente altos, tornando-se cada vez mais escassos nos mercados locais. Embora essa automação contribua para a redução de custos, ela também intensifica a vulnerabilidade desses trabalhadores, ampliando desigualdades e dificultando sua reinserção no mercado de trabalho. Além disso, geralmente não há reciclagem para qualificá-los como operadores ou programadores de equipamentos automatizados (Butollo e Lüthje, 2017).[16]

Um estudo recente sobre automação e relações de trabalho entre fornecedores automotivos no sul da China (Yang, 2018) revela que, sob o chamado "novo normal" — marcado por mudanças econômicas e institucionais —, a modernização das fábricas ocorre de forma gradual. O levantamen-

14. Entrevistas de campo de 2017-18; Grupo VW dobra capacidade da fábrica no sul da China. *Automotive News China*, 26 de junho de 2018.

15. Entrevistas da empresa 2017/18.

16. Entrevistas da empresa 2017/18.

to abrangeu dez fornecedores de nível um e dois, ligados a *joint ventures* sino-japonesas no Delta do Rio das Pérolas. Após uma onda de conflitos trabalhistas em 2010, essas empresas passaram a adotar eleições sindicais democráticas e negociação coletiva, consideradas inovadoras no contexto chinês. Nos últimos anos, os processos produtivos tornaram-se mais automatizados e intensivos em capital, porém essa automação é incremental, focada em ganhos de qualidade, eficiência e redução de custos trabalhistas. As tecnologias digitais e robôs ainda desempenham papel secundário nas estratégias de racionalização dessas empresas. Assim, tanto a política *Made in China 2025* quanto as iniciativas locais não se configuram como principais motores de transformação no chão de fábrica.

A automação impacta os locais de trabalho e os trabalhadores, mas esse efeito é menos dramático do que o sugerido pelo *slogan* político "robô substitui homens". No contexto analisado, a automação tem servido principalmente para compensar custos trabalhistas elevados, decorrentes do novo sistema de negociação coletiva. Não se observa, portanto, um ataque generalizado aos direitos dos trabalhadores. Predominam relações de trabalho cooperativas, caracterizadas por uma "mobilização moderada" dos trabalhadores e concessões moderadas dos gestores. Embora haja intensificação do ritmo de trabalho e maior controle sobre as atividades, os empregos não parecem estar sob ameaça imediata. Os trabalhadores, por sua vez, esperam salários mais altos e uma participação justa nos ganhos de produtividade e nos lucros, além de uma estrutura salarial que valorize a qualificação e o esforço adicional. Até o momento, a negociação coletiva tem abordado pouco essas questões, permanecendo limitada a acordos em fábricas individuais. No entanto, existe potencial para desenvolver estratégias de negociação qualitativas e ampliar o debate para o nível local e setorial.

Considerações finais

Neste artigo, utilizamos a abordagem da performatividade para desconstruir as premissas deterministas presentes nas concepções de revolução digital na manufatura, como Indústria 4.0, manufatura avançada e *Made in China 2025*. Argumentamos que essas ideias funcionam mais como projetos políticos e modismos, promovendo cenários futuros improváveis, em vez de descrever transformações "disruptivas" já em curso. À medida que tais concepções ganham popularidade e influenciam empresas e políticas públicas, aumenta a probabilidade de que suas visões de futuro sejam per-

seguidas, embora raramente se concretizem como profecias autorrealizáveis. Estudos organizacionais e da sociologia econômica mostram que modismos tecnológicos tendem a desaparecer com o tempo, mas podem gerar efeitos colaterais relevantes, como mudanças profundas na organização do trabalho e da produção, dependendo do seu grau de performatividade (Muniesa e Callon, 2008).

Para avaliar o grau de performatividade das concepções de manufatura digital, centramos nossa atenção no setor automotivo, historicamente pioneiro na difusão de novas tecnologias de manufatura e que continua sendo um dos principais compradores dessas tecnologias. O objetivo de nossa análise também foi reconectar estudos empiricamente fundamentados sobre a evolução da manufatura com o futuro do trabalho, do emprego e da própria manufatura, como forma de descartar narrativas disruptivas de mudança tecnológica e trazer de volta ao debate atual a política e a agência.

Observam-se diferenças relevantes na performatividade das três abordagens analisadas. Tanto a Indústria 4.0 quanto o programa *Made in China 2025* conseguiram influenciar significativamente o discurso público e as estratégias empresariais, promovendo mudanças perceptíveis na agenda do setor. Em contraste, a Iniciativa de Manufatura Avançada dos Estados Unidos não exerceu impacto comparável, permanecendo com influência mais restrita e menos visível tanto no debate público quanto nas práticas das empresas.

Para avaliar o potencial de uma revolução digital na manufatura automotiva, revisamos a evolução histórica das tecnologias e dos modelos organizacionais do setor, com ênfase na onda de automação das décadas de 1980 e 1990. Observamos que as principais tentativas de automatizar a montagem final fracassaram, pois o trabalho em equipe humano mostrou-se mais flexível e eficiente diante da complexidade e da constante evolução dos processos de montagem. Além disso, os fatores que impulsionaram essas iniciativas no passado — como grandes diferenças de produtividade e qualidade entre empresas e a escassez de mão de obra qualificada — não se verificam atualmente. Hoje, o setor automotivo enfrenta desafios mais urgentes, como os elevados custos de capital associados à redução de emissões, à eletrificação dos veículos e ao desenvolvimento de tecnologias autônomas. Esses elementos limitam o escopo para uma revolução digital abrangente na manufatura automotiva, conforme evidenciado por estudos recentes.

A análise das três principais concepções de "revolução digital" na manufatura — Indústria 4.0 na Alemanha, manufatura avançada nos EUA e *Made*

in China 2025 — reforça, mais do que desafia, nossa compreensão histórica sobre o futuro do setor automotivo. Tanto a Indústria 4.0 quanto a Iniciativa de Manufatura Avançada se configuram como projetos políticos tradicionais, impulsionados por consórcios industriais que buscam atrair financiamento público para pesquisa e desenvolvimento, especialmente em contextos de crise e competição internacional. O setor automotivo está mais engajado na Alemanha do que nos EUA; contudo, em ambos os casos, não há evidências de avanços "disruptivos" significativos em tecnologias ou modelos organizacionais — a chamada "fábrica inteligente" evolui de forma gradual. Observa-se, na Alemanha, diversas formas de experimentação com tecnologias digitais, enquanto nos EUA predomina uma automação incremental, caracterizada pela substituição de máquinas antigas por equipamentos mais avançados. No caso chinês, o projeto de manufatura baseada em nuvem, liderado por grandes empresas nacionais de tecnologia, apresenta potencial disruptivo. Entretanto, sua implementação enfrenta desafios práticos e seus impactos futuros ainda são incertos, especialmente no setor automotivo, que permanece pouco afetado por essas inovações. O escopo para grandes avanços digitais na indústria automotiva chinesa é limitado pela alta intensidade de capital das fábricas existentes e pelas restrições das tecnologias digitais à produção em massa.

Nossa análise, baseada em evidências históricas e dados recentes do setor automotivo, descarta a ideia de que uma quarta revolução industrial esteja em curso ou que uma ruptura radical possa ocorrer nos próximos anos. No curto prazo, observamos uma evolução incremental, pautada por padrões históricos de adoção tecnológica, em vez de mudanças abruptas. Atualmente, não há evidências de que as novas tecnologias estejam promovendo transformações profundas no trabalho e no emprego. Mesmo reconhecendo algum potencial disruptivo, o desenvolvimento e a implementação de abordagens como a Indústria 4.0 ou a Manufatura Avançada tendem a ser processos graduais, que se estenderão por décadas.

Apesar das narrativas sobre rupturas revolucionárias, o que se observa na indústria automotiva são mudanças graduais e muitas vezes discretas no chão de fábrica. Na Alemanha, essas transformações decorrem principalmente da adoção progressiva de novas tecnologias digitais. Nos Estados Unidos, elas resultam, de forma mais indireta, do ambiente criado por discursos de inovação, que favorecem políticas públicas e subsídios para a modernização de equipamentos. Já na China, observa-se a disseminação de robôs padrão de baixo custo entre pequenos e médios fornecedo-

res de componentes automotivos. Em todos esses contextos, os principais afetados são os trabalhadores qualificados e semiqualificados, que ocupam posições estratégicas nas empresas. O risco enfrentado por esse grupo vai além da simples desprofissionalização: há uma tendência à segmentação e polarização, ou seja, à divisão entre funções altamente especializadas e outras mais precarizadas. Esse processo contribui para a redução dos custos trabalhistas e limita o alcance da negociação coletiva, especialmente em um cenário de crescente flexibilização e intensificação das condições de trabalho (Pardi, 2017).

Se, como argumentamos, o futuro da tecnologia e da manufatura permanece aberto, pois "consiste em uma crescente gama de possibilidades dentre as quais as pessoas escolhem" (Noble, 1984, p. 12), é preocupante que os debates atuais sobre o futuro do trabalho frequentemente ignorem as dimensões políticas presentes em todos os níveis desses processos de mudança tecnológica. No âmbito nacional, a apropriação de ações e recursos estatais por interesses privados é uma questão política central. No contexto das empresas e fábricas, a mudança tecnológica nem sempre resulta em progresso social, especialmente quando a agência humana continua sendo fundamental para processos de manufatura complexos. Dessa perspectiva, o futuro do trabalho no setor automotivo depende, sobretudo, de como sindicatos, parceiros sociais, cientistas sociais e atores políticos enfrentam as narrativas de "mudança disruptiva" e transformam o "futuro do trabalho" em objeto de debate — e não de consenso —, pautando-o como uma escolha política, e não apenas como uma necessidade tecnológica.

O que sindicatos e parceiros sociais podem fazer para moldar os processos de mudança tecnológica? Em primeiro lugar, é fundamental que não aceitem passivamente as narrativas de "revolução digital" promovidas por consultores e provedores de tecnologia. É preciso questionar essas visões, compartilhando experiências reais de trabalho e colaborando com universidades e cientistas sociais para construir uma compreensão coletiva e baseada em evidências. Mesmo em ambientes de produção padronizados, o trabalho humano e as habilidades tácitas permanecem essenciais para lidar com situações complexas e não previstas. Por isso, os sindicatos devem:

- Valorizar e defender o reconhecimento das competências colaborativas dos trabalhadores;

- Participar ativamente da concepção e implementação de novas tecnologias, garantindo que estas atendam às necessidades humanas e não apenas aos interesses corporativos;
- Questionar estratégias de automação que priorizem a tecnologia pela tecnologia, promovendo alternativas baseadas na adaptação e motivação humanas;
- Monitorar a coleta e uso de dados no ambiente de trabalho, prevenindo riscos à saúde, à segurança e à intensificação do trabalho.

Evidências do setor logístico mostram que o uso indiscriminado de dados pode piorar as condições de trabalho e servir de justificativa para mais automação (Gaborieau, 2012). Portanto, todas essas iniciativas devem convergir para uma visão do futuro do trabalho centrada no ser humano, alternativa àquela difundida por grandes consultorias e corporações.

Referências

ABRAHAMSON, Eric.; FAIRCHILD, Gregory (1999). Management fashion: Lifecycles, triggers, and collective learning processes. *Administrative Science Quarterly*, v. 44, n. 4, p. 708-740.

ACATECH (2015). *Smart maintenance für smart factories.* Berlim: Acatech.

AUTOR, David (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, v. 29, n. 3, p. 3-30.

BERGGREN, Christian (1992). Alternatives to lean production: Work organization in the Swedish auto industry. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

BERGGREN, Christian (1994). Point/Counterpoint: NUMMI vs. Uddevalla. *Sloan Management Review*, v. 35, n. 2, p. 37-49.

BERTA, Giuseppe (1998). Conflitto industriale e struttura d'impresa alla Fiat: 1919-1979, Bolonha: Il Mulino.

BORUP, Mads *et al.* (2006). The sociology of expectations in science and technology. *Technology Analysis & Strategic Management*, v. 18, n. 3-4, p. 285-298.

BOWLES, Jeremy (2014). The computerisation of European jobs. *Bruegel* (blog). http://bruegel.org/2014/07/ the-computerisation-of-european-jobs/

BRYNJOLFSSON, Erik; MCAFEE, Andrew (2014). The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. WW Norton & Company.

BRZESKI, Carsten; BURK, Inga (2015). Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt. *Economic Research*, ING DiBa, 30 abr. 2015.

BUTOLLO, Florian; JÜRGENS, Ulrich; KRZYWDZINSKI, Martin (2019). From lean production to Industrie 4.0: More autonomy for employees? *In:* MEYER, Uli; SCHAUPP, Simon; SEIBT, David (Orgs.). *Digitalization in industry:* Between domination and emancipation. Palgrave McMillan, p. 61-80.

BUTOLLO, Florian; LÜTHJE, Boy (2017). Made in China 2025: Intelligent manufacturing and work. *In*: BRIKEN, Kendra *et al*. (Orgs.). *The new digital workplace:* How new technologies revolutionise work. Bloomsbury, p. 42-62.

CAMUFFO, Arnaldo; VOLPATO, Guilherme (1997). Building capabilities in assembly automation: Fiat's experiences from robogate to the Melfi plant. *In*: SHIMOKAWA, Koichi; JÜRGENS, Ulrich; FUJIMOTO, Takahiro (Orgs.). *Transforming automobile assembly:* Experiences in automation and work organization. Springer, p. 167-187.

CHANG, Jae-Hee.; HUYNH, Phu (2016). *ASEAN in Transformation: The future of jobs at risk of automation*. Bureau for Employers' Activities, Working Paper No 9. International Labour Organization.

DAUDT, Gabriel M.; WILLCOX, Luiz D. (2016). Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada, *BNDES Setorial*, n. 44, p. 5-45.

DIMAGGIO, Paul; POWELL, Walter W. (1983). The iron cage revisited: collective rationality and institutional isomorphism in organizational fields. *American Sociological Review*, v. 48, n. 2, p. 147-160.

DINCER, Evren (2016). The reindustrialization of the U.S.: An ethnography of auto workers in the industrial Rust Belt. Tese. PhD Development Sociology. Cornell University.

DURAND, Jean-Pierre; STEWART, Paul; CASTILLO, Juan J. (Orgs.) (1999). *Teamwork in the automobile industry:* Radical change or passing fashion. Londres: MacMillan.

DZICZEK, Kristin (2016). *Process & outcome of 2015 UAW auto negotiations*. Federal Reserve Bank of Chicago.

ERNST, Ekkehardt; MEROLA, Rossana; SAMAAN, Daniel (2019). Economics of Artificial Intelligence: Implications for the future of work. *IZA Journal of Labor Policy*, v. 9, n. 1.

FREY, Carl B.; OSBORNE, Michael A. (2013). *The future of employment:* How susceptible are jobs to computerisation? Working paper. Oxford Martin School.

FREYSSENET, Michel (1995). La production réflexive: une alternative à la production de masse et à la production au plus juste? *Sociologie du Travail*, v. 3, n. 95, p. 365-389.

FREYSSENET, Michel; JETIN, Bruno (2011). Conséquence de la crise financière ou crise d'une forme de capitalisme: la faillite des *Big Three*. *Revue de La Régulation*, *Capitalisme, Institutions, Pouvoirs*, n. 9.

FUJIMOTO, Takahiro (1997). Strategies for assembly automation in the automobile industry. *In*: SHIMOKAWA, Koichi; JÜRGENS, Ulrich; FUJIMOTO, Takahiro (Orgs.). *Transforming automobile assembly:* Experiences in automation and work organization. Springer, p. 211-238.

GABORIEAU, David (2012). "Le nez dans le micro": répercussions du travail sous commande vocale dans les entrepôts de la grande distribution alimentaire. *La Nouvelle Revue du Travail*, n. 1.

GEELS, Frank W.; SMIT, Wim A. (2000). Failed technology futures: Pitfalls and lessons from a historical survey. *Futures*, v. 32, n. 9-10, p. 867-885.

GÜNTNER, Georg *et al*. (2015). *Roadmap der Instandhaltung 4.0*. Disponível em: https://instandhaltung40.salzburgresearch.at/wp-content/uploads/IH40-Roadmap-final.pdf Acesso em: 7 out. 2025.

HATZFELD, Nicolas *et al*. (2005). Syndicats de l'automobile : au temps de l'ouvrier-masse, un bouquet de trajectoires. *In*: PIGENET, Michel; PASTURE, Patrick; ROBERT, Jean-Louis (Orgs.). *L'apogée des syndicalismes en Europe Occidentale 1960-1985*. p. 21-50. Paris: Presses de la Sorbonne.

HSIEH, Liang-Han.; SCHMAHLS, Thomas.; SELIGER, Gunther (1997). Assembly automation in Europe: Past experience and future trends. *In*: SHIMOKAWA, Koichi *et al*. (Orgs.). *Transforming automobile assembly.* Experiences in automation and work organization. Springer, p. 19-37.

JULLIEN, Bernard; PARDI, Tomaaso (2013). Structuring new automotive industries, restructuring old automotive industries and the new geopolitics of the global automotive sector. *International Journal of Automotive Technology and Management*, v. 13, n. 2, p. 96-113.

JÜRGENS, Ulrich; FUJIMOTO, Takahiro; SHIMOKAWA, Koichi (1997). Assembly automation in Europe: Past experience and future trends. *In*: SHIMOKAWA, Koichi *et al*. (Orgs.). *Transforming automobile assembly.* Experiences in automation and work organization. Springer, p. 305-407.

JÜRGENS, Ulrich; KRZYWDZINSKI, Martin (2016). The new worlds of work: Varieties of work in car factories in the BRIC countries. Oxford University Press.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wahlster; HELBIG, Johannes (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Final Report of the Industrie 4.0. http://www. Plattform-I40. de/ Sites/Default/ Files/Report_Industrie 204

KENNEY, Martin; FLORIDA, Richard (1993). *Beyond mass production:* The Japanese system and its transfer to the US. Oxford University Press.

KLEBANER, Samuel (2018). Isolated car manufacturers? The political positions of the automotive industry on the real driving emissions regulation. *International Journal of Automotive Technology and Management*, n. 2, p. 119-41.

KLIER, Thomas; RUBENSTEIN, James M. (2012). Detroit back from the brink? Auto industry crisis and restructuring, 2008-11. *Economic Perspectives*, v. 36, n. 2.

KLIER, Thomas (2013). Restructuring of the US auto industry in the 2008-2009 recession. *Economic Development Quarterly*, v. 27, n. 2, p. 144-159.

KRZYWDZINSKI, Martin; JÜRGENS, Ulrich; PFEIFFER, Sabine (2016). The fourth revolution: The transformation of manufacturing work in the age of digitalization. *WZB Report.* Berlin: WZB.

KUHLMANN, Martin; SPLETT, Barbara; WIEGREFE, S. (2018). Montagearbeit 4.0? Eine Fallstudie zu Arbeitswirkungen und Gestaltungspers-

pektiven Digitaler Werkerführung. *WSI-Mitteilungen*, v. 71, n. 3, p. 182-188.

LEPADATU, Darina; JANOSKI, Thomas (2018). Just-in-time workforce? Temporary workers as a structural aspect of lean production in the US auto industry. I*nternational Journal of Automotive Technology and Management*, v. 18, n. 2, p. 160.

LÖHRER, Mario *et al*. (2018). Soziotechnische Assistenzsysteme für die Produktionsarbeit in der Textilbranche. *In*: WISCHMANN, Steffen; HATRMANN, Ernst A. (Orgs.). *Zukunft der Arbeit:* Eine praxisnahe Betrachtung. Springer, p. 73-85.

LU, Yan; MORRIS, K. C.; FRECHETTE, Simon (2016). *Current standards landscape for smart manufacturing systems*. National Institute of Standards and Technology, NISTIR 8107. US Department of Commerce.

LÜTHJE, Boy (2018). Going digital, going green: Changing value chains and regimes of accumulation in the automotive industry in China. *International Journal of Automotive Technology and Management*, n. 3.

LÜTHJE, Boy; MCNALLY, Christopher A. (2015). *China's hidden obstacles to socioeconomic rebalancing*, East-West Center. AsiaPacific Issues, n. 120.

LÜTHJE, Boy; TIAN, Miao (2015). China's automotive industry: Structural impediments to socio-economic rebalancing. *International Journal of Automotive Technology and Management*, v. 15, n. 3, p. 244-267.

MACDUFFIE, John P.; PIL, Frits K. (1997). From fixed to flexible: Automation and work organization trends from the international assembly plant study. *In*: SHIMOKAWA, Koichi *et al*. (Orgs.). *Transforming automobile assembly.* Experiences in automation and work organization. Springer, p. 238-254.

MACKENZIE, Donald A.; MUNIESA, Fabian; SIU, Lucia (2008). *Do economists make markets?* On the performativity of economics. Princeton University Press.

MCNALLY, Christopher A. (2014). Refurbishing state capitalism: a policy analysis of efforts to rebalance China's political economy. *Journal of Current Chinese Affairs*, v. 42, n. 4, p. 45-71.

MEYER, Anne; ZANDER, Stefan; KNAPPER, Rico; SETZER, Thomas (2018). Decision support pipelines – Durchgängige Datenverarbeitungsinfrastrukturen für die Entscheidungen von Morgen. *In*: WISCHMANN,

Steffen; HARTMANN, Ernst A. (Orgs.). *Zukunft Der Arbeit–Eine Praxisnahe Betrachtung*. Springer, p. 207-220.

MIDLER, Christophe; JULLIEN, Bernard; LUNG, Yannick (2017). Innover à l'envers – Repenser la stratégie et la conception dans un monde frugal. Dunod.

MUNIESA, Fabian; CALLON, Michel (2008). *La Performativité des sciences économiques*. Papiers de Recherche du CSI, n. 10.

MUNIZ, Sergio T. G.; BELZOWSKI, Bruce M.; ZHU, Jaclyn (2019). The trajectory of China's new energy vehicles policy. *International Journal of Automotive Technology and Management*, v. 19, n. 3/4, p. 257-280.

NOBLE, David F. (1984). *Forces of production*: a social history of industrial automation. Nova York: Alfred A. Knopf.

NOHARA, Hikari (1998). Toyota réforme le Toyotisme. *In*: DURAND, Jean-Pierre; STEWART, Paul; CASTILLO, Juan J. (Orgs.). *L'avenir du travail à la chaîne. Une comparaison internationale dans l'industrie automobile* (p. 41-54). Paris: La Découverte.

NYHUIS, Peter *et al.* (2017). Veränderung in der Produktionsplanung und-Steuerung. *Handbuch Industrie*, v. 4, p. 31-50.

O'SULLIVAN, Eoin *et al*. (2013). What is new in the new industrial policy? A manufacturing systems perspective. *Oxford Review of Economic Policy*, v. 29, n. 2, p. 432-462.

PAJARINEN, Mika; ROUVINEN, Petri (2014). Computerization threatens one third of Finnish employment. *ETLA Brief*, n. 22.

PARDI, Tommaso (2015). Quand une mode managériale s'institutionnalise. *Revue d'anthropologie des Connaissances*, v. 9, n. 1, p. 101-124.

PARDI, Tommaso (2017). L'avenir du travail dans le secteur automobile. Les Enjeux de la (dé)globalisation. Background report. Organisation Internationale du Travail.

PAUS, Eva (2018). Confronting dystopia: the new technological revolution and the future of work. Cornell University Press.

PCAST – PRESIDENT'S COUNCIL OF ADVISORS ON SCIENCE AND TECHNOLOGY (2011). *Report to the President on ensuring American leadership in advanced manufacturing*, Executive Office of the President of the United States.

PFEIFFER, Sabine (2017). Industrie 4.0 in the making: discourse patterns and the rise of digital despotism. *In*: BRIKEN, Kendra *et al.* (Orgs.). *The new digital workplace:* How new technologies revolutionise work. Bloomsbury.

POLANYI, Karl (1944). *The great transformation*, v. 2. Boston: Beacon Press.

POLANYI, Michael (1966). *The tacit dimension.* Nova York: Doubleday.

POLLOCK, Neil; WILLIAMS, Robin (2010). The business of expectations: How promissory organizations shape technology and innovation, *Social Studies of Science*, v. 40, n. 4, p. 525–-548.

SCHLICK, Jochen *et al.* (2014). Industrie 4.0 in der Praktischen Anwendung. *In*: BAUERNHANSL, Thomas; TEN HOMPEL, Michael; VOGEL-HEUSER, Birgit (Orgs.). *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*. Springer, p. 57-84.

SHIMIZU, Koichi (1999). *Le Toyotisme*. Paris: Repères, La Découverte.

SHIMIZU, Koichi (2000). Un nouveau toyotisme? *In*: FREYSSENET, Michel (Orgs.). *Quel modèle productif?* Trajectoires et modèles industriels des constructeurs automobiles mondiaux. Paris: La Découverte, p. 85-116.

SIRKIN, Hal; ZINSER, Michael; ROSE, Justin (2015). *The robotics revolution:* The next Great Leap in manufacturing. BCG Perspectives. Boston Consulting Group.

SIRKIN, Hal; ZINSER, Michael; ROSE, Justin (2014). The shifting economics of global manufacturing: How cost competitiveness is changing worldwide. Boston Consulting Group, August.

TOLBERT, Pamela S.; ZUCKER, Lynne G. (1999). The institutionalization of Institutional Theory. *In*: CLEGG, Stewart; HARDY, Cynthia. (Orgs.). *Studying organization:* Theory & Method. Londres: Sage, p. 169-184.

ULLRICH, Carsten *et al.* (2018). Assistenz und Wissensvermittlung am beispiel von Montage-und Instandhaltungstätigkeiten. *In*: WISHMANN, Steffen; HARTMANN, Ernst A. (Orgs.). *Zukunft Der Arbeit – Eine Praxisnahe Betrachtung*. Springer, p. 107-122.

U.S. DOC (2004). *Manufacturing in America.* A comprehensive strategy to address the challenges to U.S. manufacturers. U.S. Department of Commerce.

VAN LENTE, Harro (1993). *Promising technology:* the dynamics of expectations in technological developments. Tese (Doutorado em Estudos de Ciência e Tecnologia) – University of Twente, Eburon.

WIREMAN, Terry (1991). *Total productive maintenance:* an American approach. Nova York: Industrial Press.

WOMACK, James P.; ROOS, Daniel; JONES, Daniel T. (1990). *The machine that changed the world*. Nova York: Harper Perennial.

WÜBBEKE, Jost *et al.* (2016). Made in China 2025: The making of a high--tech superpower and consequences for industrial countries. Mercator Institute for China Studies, n. 2.

YANG, Tao (2018). *Zhusanjiao Diqu Qipei Qiye de Chanye Shengji, Zidonghua Yu Gongzuo Diaoyan Baogao* [Relatório de pesquisa sobre atualização, automação e trabalho industriais, na indústria automotiva do Delta do Rio das Pérolas]. Manuscrito não publicado. Volkswagen Endowed Chair Industrial Relations and Social Development, School of Government, Sun Yat-sen University.

A INDÚSTRIA AUTOMOTIVA BRASILEIRA:
conquistas, dilemas e desafios para os próximos anos

Roberto Marx
Felipe Ferreira de Lara
Juliano Pelegrina

Introdução

A indústria automotiva global, durante décadas símbolo de solidez, inovação incremental e previsibilidade, encontra-se, nas primeiras décadas do século XXI, imersa em uma metamorfose profunda. O que antes era um ecossistema industrial orientado por ciclos tecnológicos longos, modelos de negócio estabelecidos e uma lógica de consumo relativamente estável, vem sendo desestabilizado por forças transformadoras que atuam de forma simultânea e interdependente, mudando radicalmente os alicerces do setor. O que está em curso não é apenas mais uma evolução tecnológica, mas uma verdadeira mudança de paradigma, que coloca em xeque o papel tradicional do automóvel, das montadoras e até mesmo do ato de dirigir.

Três vetores principais se destacam nesse cenário: os imperativos ambientais, o avanço vertiginoso da tecnologia e a mudança no perfil e nas expectativas dos consumidores. Juntos, esses fatores compõem um pano de fundo complexo, que vem reconfigurando a lógica de produção, uso e descarte dos veículos, além de alterar profundamente a dinâmica entre indústria, sociedade e Estado.

O primeiro vetor, de natureza ecológica, é talvez o mais latente: a crise climática global, a escassez de recursos naturais e o acúmulo de emissões de gases de efeito estufa colocam o setor automotivo sob intensa pressão para desenvolver soluções mais sustentáveis, lembrando que o setor de transporte, como um todo, responde sozinho por cerca de 27% das emissões globais (IPCC, 2022) — obs.: no Brasil, ele responde por 9% das emissões, sendo o transporte rodoviário o seu maior emissor (Plattek, Villarim e Cavalcanti, 2025).

A exigência de veículos com menor impacto ambiental não se restringe apenas à emissão de poluentes durante o uso (ciclo denominado "do poço à roda"), mas se estende por toda a cadeia produtiva, desde a extração de matérias-primas até a reciclagem ou reuso no fim do ciclo de vida do produto (conhecido como "do berço ao túmulo"), demandando a descarbonização de toda a cadeia produtiva (Maselli *et al*., 2025). Essa pressão impõe uma ruptura de práticas consolidadas, exigindo a reformulação de processos e materiais.

O segundo vetor, de caráter tecnológico, avança em ritmo acelerado e introduz novas possibilidades em todos os aspectos da produção automotiva. Tecnologias como inteligência artificial, *big data*, armazenamento de dados em nuvem, sensores embarcados, conectividade 5G e *softwares* avançados de controle transformaram o automóvel em uma verdadeira plataforma digital sobre rodas.

O veículo do presente, e ainda mais o do futuro próximo, não é apenas um meio de transporte, mas um nó inteligente em uma rede maior de comunicação, logística e mobilidade urbana. Essa transformação exige uma revisão profunda da engenharia automotiva e dos processos industriais, que agora precisam dialogar com competências do campo digital e com a lógica da Indústria 4.0 (Porter e Heppelmann, 2015).

O terceiro vetor é sociocultural: consumidores cada vez mais informados e engajados não se contentam mais com desempenho e estética. Parcela crescente dos consumidores espera dos veículos segurança, conectividade, responsabilidade socioambiental e, acima de tudo, uma experiência de mobilidade que seja fluida, personalizada e ética. A posse do automóvel, que já foi um símbolo de *status*, cede espaço à ideia de mobilidade como serviço, desafiando o modelo tradicional baseado na propriedade individual (Schaefers, Lawson e Kukar-kinney, 2016). Por outro lado, em muitos países, especialmente aqueles que, como o Brasil, fazem parte do *Global South* ou Sul Global, o acesso ao automóvel — particularmente os novos — fica restrito à classe média e alta. A parte mais pobre destas populações ou não tem acesso ao produto ou, quando o tem, concentra modelos antigos, ultrapassados e mais poluentes.

Esse entrelaçamento de fatores tem provocado transformações de grande alcance. *Startups* ágeis, muitas vezes oriundas do setor tecnológico e não da engenharia mecânica tradicional, desafiam gigantes da indústria com modelos de negócio inovadores (Reischauer *et al*., 2024). Veículos elétricos,

antes considerados promessas distantes ou nichos de mercado, se tornam protagonistas de uma nova era, com impactos que transcendem o produto em si e atingem a infraestrutura urbana, matriz energética e planejamento de políticas públicas.

A eletrificação veicular, nesse novo contexto, deixa de ser uma alternativa experimental e assume o posto de vetor estruturante da mobilidade contemporânea. A transição do motor a combustão para motores elétricos exige não apenas a adaptação das linhas de montagem, mas também uma reconfiguração da cadeia de suprimentos, novos materiais e componentes, e, sobretudo, uma articulação entre setores como o de energia, transportes e tecnologia da informação.

Paralelamente, as tecnologias de condução autônoma avançam, ainda que de forma cautelosa, enfrentando barreiras legais, éticas e técnicas. Mas seu potencial de transformar o transporte, tanto de pessoas quanto de cargas, é imenso. O conceito de direção autônoma remete a uma reorganização das dinâmicas urbanas, logísticas e até laborais, criando desafios e oportunidades para cidades, empresas e trabalhadores.

Essa convergência de fatores ocorre em meio à digitalização profunda dos processos industriais. A manufatura digital, a modelagem em ambientes virtuais, a manutenção preditiva e os sistemas integrados de gestão tornam as fábricas ambientes cada vez mais inteligentes, flexíveis e orientados à eficiência energética e à personalização. A Indústria 4.0, que há poucos anos era uma tendência emergente, hoje já é realidade consolidada nos polos mais avançados da produção automotiva (Sommer, Proff e Proff, 2021).

Neste contexto, a transição para uma economia de baixo carbono passa a ser uma alternativa desejável, quando não uma imposição histórica. Acordos climáticos globais, legislações nacionais cada vez mais exigentes e a pressão de investidores e consumidores impõem à indústria o dever de repensar seus produtos e processos. Estratégias como a substituição de materiais poluentes por alternativas recicláveis, a circularidade no planejamento do ciclo de vida dos veículos e a redução drástica do consumo energético tornam-se elementos-chave para a sobrevivência e o protagonismo no novo cenário industrial.

Mas este processo de transição se faz acompanhar de vários desafios. Por exemplo, a grande maioria dos veículos elétricos vendidos no mundo ainda são veículos caros, acessíveis somente à parcela mais abastada da população (Pardi, 2024). As montadoras tradicionais, embora oferecendo de for-

ma crescente opções eletrificadas, têm procurado retardar o cumprimento de legislações existentes que estabelecem metas de substituição de frotas, uma vez que todo o seu ecossistema é composto não apenas por fabricantes de autopeças localizados no início da cadeia de valor (*upstream*), mas por uma extensa rede de concessionárias, financiadoras e seguradoras a jusante (*downstream*) que também necessita adequar-se para atender as novas demandas e, sobretudo, assegurar a manutenção do novo produto comercializado (Jullien, 2023).

O Brasil, nesse cenário de transição global, ocupa uma posição estratégica e, ao mesmo tempo, desafiadora. Com um parque industrial tradicional consolidado, uma base de fornecedores ampla e um mercado consumidor significativo, o país possui os fundamentos necessários para desempenhar um papel de liderança regional neste processo de transição (o Brasil é o 8º maior produtor de automóveis e o 6º maior mercado consumidor interno deste produto no mundo, sendo que a indústria automobilística brasileira responde por 2,5% do PIB do país e é composta por 26 montadoras, 508 fabricantes de autopeças e 4.215 concessionários, empregando, direta e indiretamente, 1,3 milhão de pessoas, segundo a ANFAVEA, 2025). No entanto, essa possibilidade não se concretiza automaticamente, exige decisões políticas estratégicas, investimentos coordenados e um compromisso com a inovação tecnológica e a sustentabilidade ambiental. Governos recentes têm feito esforços para orientar e estimular esta transição, mas os resultados ainda são pouco visíveis.

A produção de veículos elétricos no país tem se dado de forma lenta, e as montadoras chinesas tendem a liderar este processo no Brasil. O avanço estratégico de montadoras chinesas, como BYD (Build Your Dreams) e GWM (Great Wall Motors), que vêm ganhando mercado global com modelos elétricos acessíveis e de alta qualidade tecnológica, tem reposicionado a geopolítica da indústria automotiva. Além disso, a realização de acordos comerciais internacionais, como o pacto Mercosul-União Europeia e as parcerias com a China, impõe novas dinâmicas competitivas e exige uma postura ativa por parte do Estado brasileiro.

A indústria automotiva brasileira, que, ao longo das décadas, contribuiu de forma decisiva para a geração de empregos, arrecadação de tributos e fortalecimento das cadeias produtivas locais, encontra-se agora diante da necessidade urgente de se reinventar. A aposta na continuidade de modelos tradicionais carrega consigo riscos severos: perda de relevância tecnoló-

gica, obsolescência industrial, redução da competitividade internacional e erosão de sua capacidade de contribuir para o desenvolvimento econômico e social do país.

A superação desses desafios exige um novo pacto nacional em torno da mobilidade sustentável. Políticas públicas que incentivem a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias limpas, que promovam a capacitação de trabalhadores e que estimulem parcerias entre universidades, *startups* e empresas são fundamentais para criar um ecossistema de inovação robusto (Ibusuki, Kaminski e Bernardes, 2020). Também é essencial que se invista em infraestrutura de recarga para veículos elétricos (Anderson *et al.*, 2022), em incentivos à produção local de baterias e em estratégias de nacionalização de componentes críticos.

Diante desse contexto, este capítulo contribui para as discussões contemporâneas sobre os rumos da indústria automotiva global e suas implicações específicas para o Brasil. A partir de uma análise crítica dos desafios e oportunidades gerados pela transição energética, pela digitalização dos processos e pela eletromobilidade, busca-se compreender como o país pode não apenas se adaptar, mas, sobretudo, liderar iniciativas de mobilidade sustentável e inovação industrial. Este é um debate que transcende o setor automotivo e que dialoga com o próprio futuro do desenvolvimento brasileiro.

Desvendando a estrutura e a dinâmica da produção de automóveis no Brasil

Compreender a indústria automotiva brasileira é, em muitos sentidos, revisitar a própria história da industrialização no país, que foi marcada por avanços notáveis, mas também por contradições, recuos e reinvenções. Trata-se de um setor que não apenas acompanhou, mas frequentemente moldou as transformações econômicas, políticas e sociais do Brasil entre os séculos XX e XXI, refletindo ora o otimismo desenvolvimentista, ora as hesitações e impasses do modelo industrial nacional.

A produção automotiva no Brasil foi resultado de escolhas estratégicas em momentos-chave, muitas vezes condicionadas por pressões externas e dilemas internos. Essas decisões nem sempre seguiram um plano estruturado, mas foram marcadas por avanços descontínuos e adequações pontuais a um contexto global em constante mudança.

As origens desse processo remontam ao período entre as décadas de 1950 e 1960, quando o país buscava superar sua dependência crônica das importações e construir uma base industrial minimamente autônoma. A indústria automotiva foi, nesse momento, alçada à condição de peça-chave no projeto de modernização nacional, ainda que esse impulso desenvolvimentista carregasse consigo fragilidades estruturais que mais tarde viriam à tona.

Durante o governo de Juscelino Kubitschek, o Plano de Metas, que foi sintetizado no slogan "cinquenta anos em cinco", representou uma aposta ambiciosa em acelerar a industrialização por meio da criação de uma infraestrutura robusta voltada à produção de veículos. A meta era não apenas fabricar automóveis, mas, sobretudo, desencadear um ciclo de modernização produtiva e geração de empregos qualificados. A indústria automobilística, nesse momento, tornou-se símbolo do Brasil moderno que se queria construir.

A viabilidade desse projeto se sustentou em políticas públicas, que incluíram incentivos fiscais generosos, facilitação de investimentos estrangeiros e blindagem do mercado interno para atrair empresas que instalassem suas fábricas no país. O ingresso de multinacionais como Volkswagen, General Motors, Ford e Mercedes-Benz, bem como a consolidação do polo industrial do ABC Paulista, marcaram um ponto importante nesse sentido. Em um curto intervalo, o Brasil deixou de ser um importador de veículos para se tornar um polo manufatureiro relevante, ainda que fortemente dependente de decisões e tecnologias desenvolvidas no exterior. A consolidação do setor foi acompanhada por uma rede extensa de fornecedores, desde fabricantes de autopeças até prestadores de serviços especializados, o que impulsionou outros segmentos industriais e fortaleceu áreas como a engenharia e a logística. Contudo, essa expansão também evidenciou um traço recorrente da industrialização brasileira: seu caráter concentrador, com polos dinâmicos economicamente convivendo com inúmeras regiões à margem desse processo.

Por décadas, a indústria automotiva permaneceu como um dos motores da economia brasileira, sendo capaz de se reinventar durante a crise do petróleo, na década de 1970, criando o "Programa Nacional do Álcool (Proálcool), em 1975, passando pelo desenvolvimento, no início dos anos 2000, dos motores *flex-fuel*, que usam indistintamente etanol ou gasolina" (Plattek, Villarim e Cavalcanti, 2025, p. 52). Seu impacto no PIB (Produto Interno Bruto), na arrecadação de tributos e na geração de empregos dire-

tos e indiretos foi expressivo (Candido, Cario e Shima, 2020). No entanto, ao longo do tempo, o modelo que sustentava esse protagonismo começou a dar sinais de esgotamento. A partir dos anos 1990, com a abertura econômica e a intensificação da globalização, o setor se viu diante de uma nova realidade, que exigia adaptação rápida e capacidade de inovação, características que, muitas vezes, faltaram à indústria local.

A liberalização comercial expôs o país à concorrência de produtos estrangeiros (ou seja, de veículos importados). Em resposta, o Regime Automotivo de 1995 buscou estimular a nacionalização de componentes e proteger a produção local novamente (De Negri, 1999).

Anos depois, o Inovar-Auto (2013–2017) tentou renovar essa proposta, vinculando incentivos fiscais a investimentos em pesquisa, eficiência energética e segurança veicular. Ainda assim, tais programas, embora bem-intencionados, acabaram capturados por uma lógica de cumprimento formal de metas, sem que se rompesse com a cultura de dependência tecnológica (Marx e De Mello, 2014).

Em 2018, o programa Inovar-Auto foi repaginado, sob o nome Rota 2030, sem alterações importantes em sua essência. O novo programa continuava a abranger incentivos para o desenvolvimento de pesquisas e melhorias incrementais em itens de segurança e eficiência energética. A ambiguidade e a fragilidade dos objetivos traçados, reforçada pela escassez de amarras institucionais robustas para a entrega do que se propunha, ainda comprometiam o alcance de resultados em frentes específicas de inovação (Pelegrina, Stoeber e Fouto, 2023).

Nesse cenário de lacunas deixadas por programas anteriores, o Programa Mover (Mobilidade Verde e Inovação), instituído em 2024, surge como uma tentativa de reorganizar as bases da política industrial automotiva brasileira diante das urgências climáticas e tecnológicas.

O Programa Mover representa uma tentativa concreta de reorganizar o setor em torno de eixos mais sustentáveis e inovadores. Ao propor incentivos à descarbonização, ao conteúdo local e à pesquisa aplicada, ele abre uma nova janela de possibilidades. Mas seu sucesso dependerá da articulação entre os múltiplos atores envolvidos, da coerência entre metas e instrumentos e da capacidade de construção de uma visão estratégica de longo prazo (Montoia, 2024).

Ao assimilar críticas dirigidas aos programas anteriores, o Mover eleva o compromisso de aumentar significativamente os investimentos em inovação na indústria. Enquanto seus antecessores Inovar-Auto e o Rota 2030 resultaram em investimentos diretos da ordem de R$ 6,7 bilhões e R$ 3,5 bilhões, respectivamente, o Mover (2024-2028) projeta investir R$ 19 bilhões no desenvolvimento da indústria, prevendo aportes complementares das montadoras de ao menos R$ 60 bilhões em cinco anos, de acordo com a Associação Nacional das Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) (Montoia, 2024).

O Mover promete fomentar a produção de veículos elétricos, híbridos e, eventualmente, outros tipos de motorização que gerem descarbonização (movidos a hidrogênio, biometano etc.), incentivar investimentos em pesquisa e desenvolvimento e apoiar a nacionalização de componentes estratégicos. Ainda que represente um avanço em relação a políticas passadas ao prever metas mais claras, contrapartidas tecnológicas e estímulos à formação de ecossistemas de inovação, o programa ainda caminha em meio a incertezas estruturais (Fiani, 2025).

Dúvidas recorrentes sobre a capacidade de o programa atingir a mobilidade sustentável e inovadora esperada em função do histórico desencorajador de seus antecessores (seus objetivos estão corretos, e sua governança será eficaz para entregá-los?), gargalos na infraestrutura de recarga, fragilidade da cadeia de suprimentos e a necessidade de articulação entre diferentes setores econômicos são desafios para o sucesso do Mover. O programa acerta ao propor um novo horizonte, mas seu impacto real dependerá de como será operacionalizado em um ambiente histórico marcado por avanços pontuais seguidos de retrocessos silenciosos.

A crítica recorrente a essas políticas é que, longe de fomentar uma transformação estrutural, acabaram por reforçar a posição subordinada do Brasil nas cadeias globais de valor (Wolffenbüttel, 2022). A produção local, em muitos casos, limitou-se à montagem de veículos concebidos em centros de engenharia no exterior, com pouco valor agregado e escassa internalização de conhecimento tecnológico.

Nesse sentido, a trajetória brasileira revela uma característica persistente da indústria automotiva nacional: a fragilidade de sua autonomia estratégica (Marx *et al*., 2015). A maior parte das montadoras instaladas no Brasil são subsidiárias de multinacionais, o que restringe a capacidade de definir localmente os rumos da inovação, os investimentos prioritários e o desen-

volvimento de competências. A adoção crescente de plataformas globais e sistemas produtivos padronizados apenas reforçou esse papel periférico, uma vez que os investimentos que resultam em inovações significativas historicamente se concentram nas matrizes dessas corporações (Patel, 1995; Patel e Pavitt, 1991).

Apesar da base industrial consolidada e do peso do mercado interno, o Brasil não conseguiu ocupar posições de liderança na corrida por tecnologias disruptivas, como a concepção e o desenvolvimento de veículos elétricos, híbridos ou autônomos. A ausência de uma política industrial robusta de longo prazo, somada à falta de coordenação entre atores públicos e privados, aprofundou a sensação de estagnação tecnológica e de perda de protagonismo (Andrade, 2023).

Nos últimos anos, entretanto, novos sinais começaram a surgir. A entrada de montadoras chinesas como a BYD e a GWM no mercado brasileiro aponta para novos caminhos possíveis, ainda que incertos, no perfil da indústria nacional. Essas empresas chegam com propostas mais conectadas aos desafios contemporâneos da mobilidade, baseadas na eletrificação, na digitalização da produção e na integração entre *software* e *hardware*. Ao planejarem centros de pesquisa e desenvolvimento no país, elas demonstram uma intenção de enraizamento mais profundo, o que pode representar uma oportunidade concreta para fortalecer a base tecnológica local.

Mas o êxito desse movimento dependerá de políticas públicas consistentes, de uma articulação eficaz com universidades e centros de pesquisa, e de uma estratégia industrial que vá além dos incentivos pontuais.

A eletrificação, nesse contexto, não se resume à troca do motor a combustão por baterias. Trata-se de uma transformação sistêmica que reconfigura cadeias produtivas, exige novas competências profissionais, altera a infraestrutura urbana e desafia a matriz energética. Essa mudança pede tanto engenheiros de *software* quanto engenheiros mecânicos e convoca o país a pensar de maneira integrada, articulando os setores de energia, transporte e tecnologia.

A incorporação de inovações como veículos autônomos, sistemas ADAS (*Advanced Driver-Assistance System*), conectividade veicular e inteligência artificial acentua essa complexidade. Sem uma estratégia nacional robusta de inovação que una governo, empresas, academia e sociedade civil, o Brasil corre o risco de repetir erros do passado, assistindo de fora à transforma-

ção global do setor, mantendo-se, mais uma vez, como consumidor e não como um dos líderes do desenvolvimento tecnológico global.

A sustentabilidade, por sua vez, deixou de ser um diferencial para se tornar uma exigência. A pressão de consumidores, investidores e reguladores por práticas ambientalmente responsáveis impõe à indústria a adoção de modelos de produção de baixo carbono, o uso racional de recursos e a circulação de materiais em cadeias mais sustentáveis. Nesse ponto, o Brasil tem vantagens, como uma matriz energética relativamente limpa, mas ainda carece de políticas eficazes para explorá-las plenamente.

Acordos comerciais como o celebrado entre Mercosul e União Europeia ampliam essa tensão entre oportunidade e ameaça (lembrando que o acordo entre Mercosul e União Europeia, apesar de assinado, ainda não foi ratificado, podendo apresentar modificações) (Mansur, 2025). Eles podem, ao mesmo tempo, estimular a modernização tecnológica e expor fragilidades da indústria nacional frente a concorrentes mais preparados. Se bem conduzidos, podem catalisar mudanças profundas; se mal administrados, podem acentuar desigualdades e gerar ainda mais dependências.

A trajetória da indústria automotiva no Brasil mostra que, quando há alinhamento entre política pública, iniciativa privada e capacidade de inovação, o país é capaz de erguer soluções industriais robustas. Mas também ensina que esse alinhamento, historicamente, tem sido frágil e intermitente. O caminho não será linear, como nunca foi. Mas talvez, apesar dos desafios, o país tenha diante de si a chance de reescrever sua história industrial.

Eletrificação e transição energética

A eletrificação da frota automotiva surge como uma das respostas mais significativas, robustas e transformadoras diante dos desafios globais, especialmente no contexto da crise climática, que demanda ações imediatas e eficazes para preservar a estabilidade ambiental e assegurar o bem-estar das futuras gerações (Tokito e Nakamoto, 2025). Ela se configura como um pilar fundamental da transição energética em curso, um movimento que busca ser inclusivo, justo e, ao mesmo tempo, alinhado com os princípios do desenvolvimento sustentável.

No Brasil, essa transformação é ainda mais desafiadora, pois o país enfrenta a complexidade de sua matriz energética, a estrutura do seu parque industrial e as grandes desigualdades sociais e territoriais que marcam seu ter-

ritório. Embora o Brasil tenha um papel estratégico a desempenhar nesse processo, ele também precisa lidar com obstáculos intrínsecos que demandam soluções inovadoras e políticas públicas consistentes.

A eletrificação não se limita à simples substituição de motores. Ela envolve o avanço de tecnologias sofisticadas de armazenamento de energia, a digitalização de veículos e processos, além da reformulação das dinâmicas de mobilidade urbana.

De todo modo, de uma forma ou de outra, a depender do país e região, a motorização elétrica e outras de menor emissão terão impacto relevante no modo como os veículos são produzidos e consumidos, demandando a criação de um novo modelo de negócios e uma adaptação das estruturas industriais e sociais.

A matriz energética brasileira, que é predominantemente renovável, oferece ao país uma vantagem estratégica em relação a outros mercados que ainda dependem pesadamente de combustíveis fósseis. Mais de 80% da eletricidade brasileira é gerada a partir de fontes renováveis, como hidrelétricas, energia solar e eólica (Governo Brasileiro, 2023), o que coloca o Brasil em uma posição privilegiada para aproveitar as vantagens da eletrificação do transporte.

Neste sentido, a questão da sustentabilidade dos veículos elétricos e mesmo de outras alternativas como o biometano e motorização híbrida precisa levar em conta o nível de emissões em todo o ciclo de vida do produto, incluindo tanto as emissões geradas desde a concepção até a reciclagem do produto, ou seja, incorridas no ciclo "do berço ao túmulo", e aquelas geradas durante o seu uso, ou seja, no ciclo "do poço à roda". Vários estudos mostram que, dependendo da matriz energética e outros fatores, tais como estilo de direção, a diferença de emissões pode não ser tão grande entre veículos elétricos e os de motorizações tradicionais (Gauto *et al*., 2023; Maselli *et al*., 2025).

Incorporando estes conceitos, o Programa Mover representa uma evolução importante em relação aos programas anteriores, uma vez que prevê a contabilização da soma das emissões geradas nos ciclos "do berço ao túmulo" e "do poço à roda" para a definição dos incentivos que serão pagos aos fabricantes licenciados. Desta forma, o programa incentiva de forma crescente a redução da emissão total, forçando a combinação de plataformas tecnológicas (eletrificação, biocombustíveis, hidrogênio) em novos produ-

tos lançados e a sua reciclagem para o alcance das metas programadas em um horizonte mais longo (Plattek, Villarim e Cavalcanti, 2025).

O modelo de motores flexíveis, que permite o uso de etanol e gasolina, continua sendo uma marca registrada da indústria automotiva brasileira, promovendo o uso de combustíveis renováveis em larga escala. Em um cenário de transição, a coexistência de etanol e eletricidade pode representar uma alternativa estratégica, permitindo que veículos híbridos *flex* possam desempenhar um papel importante na combinação de sustentabilidade e viabilidade econômica (lembrando que veículos elétricos continuam muito caros para os níveis socioeconômicos predominantes na população brasileira). Além disso, ao utilizar a infraestrutura já existente, o Brasil pode aproveitar sua expertise no setor automotivo, gerando uma solução de mobilidade eficiente e escalável (Plattek, Villarim e Cavalcanti, 2025).

Além disso, é importante frisar que a eletrificação da frota automotiva brasileira vai além dos carros de passeio, abrangendo outros modais de transporte, como ônibus urbanos, caminhões e motocicletas, além de sistemas de transporte compartilhado de menor porte.

No Brasil, onde o transporte coletivo é essencial para a mobilidade da população trabalhadora, a eletrificação do transporte público tem o potencial de gerar impactos sociais profundos, oferecendo uma alternativa mais limpa e eficiente. A criação de políticas que incentivem a produção nacional de ônibus elétricos, acompanhadas de programas de renovação de frota e subsídios para o transporte público, pode criar uma sinergia positiva, ampliando os benefícios da mobilidade elétrica para uma parcela significativa da sociedade (Souza e Vaz, 2025).

Um caso que chama a atenção é o processo de substituição da frota de ônibus urbanos que circulam pela cidade de São Paulo: a maior e mais rica cidade do país tem apresentado um ritmo claudicante no rumo da descarbonização (Cesar, 2025). Dificuldades legais, organizacionais e falta de integração dos atores que tomam parte deste processo revelam que a disponibilidade de recursos financeiros nem sempre é a responsável maior pelo atraso na modernização de frotas de ônibus.

Contudo, o Brasil enfrenta uma série de desafios significativos nesse processo de transição para a eletrificação. A cadeia de produção global de baterias de lítio, componente crucial nesse processo, está fortemente concentrada na Ásia, com a China dominando o mercado. Embora o Brasil tenha grandes reservas de lítio, níquel e cobalto, o país ainda carece de uma políti-

ca industrial que promova a extração, o beneficiamento e a industrialização desses recursos de forma responsável, levando em consideração as questões socioambientais. A construção de uma cadeia de valor nacional para as baterias, que inclua desde a pesquisa até a reciclagem, é prioridade para se buscar a sustentabilidade e a competitividade da indústria localizada no Brasil (Mesquita e Silva, 2025).

Do mesmo modo, outro desafio importante é a criação de uma infraestrutura de recarga robusta e acessível, ainda que, conforme algumas análises sugerem, ela deva se estruturar prioritariamente nos grandes centros urbanos, onde as vendas de veículos elétricos se concentrarão no início, para somente depois seguir para áreas mais remotas. Ou seja, será importante a apuração contínua da demanda potencial de recarga de acordo com as densidades populacionais regionais do país (zona rural versus áreas metropolitanas) para o planejamento de investimentos em áreas que gerem maior resultado (Plattek, Villarim e Cavalcanti, 2025). A velocidade da eletrificação da frota nacional dependerá fundamentalmente desta capacidade de calibragem (Anderson *et al*., 2022). O desenvolvimento paralelo de veículos híbridos e o incentivo do uso de biocombustíveis deverão complementar esta estratégia, reduzindo emissões em áreas não atendidas pela infraestrutura de recarga (Lima, Seabra e Cunha, 2025; Milanez *et al*., 2025).

Em termos industriais, a eletrificação demanda a requalificação da força de trabalho em áreas-chave, como eletrônica de potência, *softwares* embarcados e integração de sensores e inteligência artificial. Para que o Brasil possa se posicionar de forma competitiva no mercado global, será necessário investir em qualificação profissional, modernização das linhas de produção e fortalecimento dos fornecedores locais, principalmente em setores estratégicos, como a eletrônica automotiva (Cieplinski, Marques e Pires, 2025).

Além disso, é fundamental que a transição energética esteja atrelada a um esforço de soberania tecnológica do país. Se o Brasil não conseguir internalizar parte relevante das tecnologias associadas às tendências emergentes atuais de descarbonização, o país correrá o risco de se tornar um simples montador de soluções importadas, perpetuando uma relação de dependência econômica e tecnológica que pode prejudicar o progresso da mobilidade elétrica.

Apesar dos avanços pontuais e do crescente interesse do setor privado, com montadoras apostando na produção de veículos elétricos e híbridos no Brasil, o ritmo de adoção da tecnologia ainda é modesto em comparação

com países como China e as nações europeias, que já possuem políticas públicas mais consolidadas (Tokito e Nakamoto, 2025).

Nesse sentido, o Programa Mover, que visa incentivar a produção nacional de componentes estratégicos e fomentar a qualificação profissional, é um passo importante para acelerar a transição energética no setor automotivo. No entanto, sua eficácia dependerá da construção de uma estratégia mais ampla e integrada, capaz de atrair os investimentos necessários em setores industriais correlatos, melhorar a competitividade da indústria brasileira e garantir que a mobilidade elétrica se torne acessível e inclusiva para todos os brasileiros.

Em síntese, a eletrificação da frota automotiva no Brasil representa uma oportunidade única para alavancar o desenvolvimento sustentável, reduzir as desigualdades sociais e fortalecer a soberania tecnológica do país. No entanto, essa transição exige muito mais do que inovação tecnológica e requer vontade política, planejamento estratégico e ações coordenadas entre governo, setor privado e sociedade civil. Apenas por meio de uma abordagem integrada, que considere os aspectos econômicos, sociais, ambientais e territoriais, será possível consolidar um novo modelo de mobilidade nacional (Marx *et al*., 2015). O futuro da mobilidade elétrica no Brasil, portanto, dependerá da capacidade coletiva de transformar potencial em realidade.

Analisando os impactos socioeconômicos

À medida que a indústria automotiva brasileira atravessa uma transformação profunda e abrangente, os impactos desse processo se estendem muito além dos limites das fábricas e polos industriais, reverberando em diversos aspectos da sociedade e das políticas públicas. O que é possível se presenciar nos dias atuais não é apenas uma mudança produtiva, mas uma reorganização estrutural que afeta diretamente os modos de vida no país. Essa transição, embora centrada na indústria automotiva, tem efeitos sistêmicos, moldando a maneira como se vive e como se interage com o espaço urbano e rural (Cieplinski, Marques e Pires, 2025).

O processo de transição para uma nova indústria automotiva, fundamentada nos pilares da eletrificação, digitalização e descarbonização, traz consigo uma série de promissores ganhos em diferentes áreas.

No plano econômico, a expectativa é de que o Brasil consiga atrair uma quantidade significativa de novos investimentos, especialmente os prove-

nientes do exterior, além de fortalecer a competitividade do setor, que se tornará mais robusto e dinâmico por meio de cadeias produtivas mais sustentáveis e tecnologicamente avançadas. A transição também tem o potencial de reforçar as economias locais, desde que seja acompanhada pela implementação de políticas públicas eficazes que garantam uma distribuição justa dos benefícios (Carley e Konisky, 2020).

Do ponto de vista ambiental, a ampliação do uso de veículos com baixa ou nenhuma emissão direta de poluentes representa um avanço significativo e fundamental para a redução dos impactos negativos da mobilidade urbana no meio ambiente.

Em grandes centros urbanos, em que os congestionamentos são crônicos e a poluição do ar atinge níveis alarmantes, a popularização dos veículos elétricos surge como uma chave importante para melhorar a qualidade de vida e saúde pública, contribuindo para um ambiente urbano mais saudável, sustentável e com maior qualidade de vida para seus habitantes. Além disso, essa mudança pode incentivar a criação de novos modelos de urbanismo, com a reconfiguração dos espaços urbanos voltados para a mobilidade limpa e eficiente.

Contudo, os ganhos decorrentes dessa transição não são automáticos e dependem, principalmente, de como o processo será conduzido entre os diferentes setores e regiões. Existe o risco real de que as desigualdades regionais e sociais se aprofundem se não forem tomadas as devidas providências.

Fábricas especializadas na produção de motores a combustão e sistemas de transmissão tradicionais, setores que provavelmente serão drasticamente reduzidos ou até eliminados na nova lógica produtiva, estão frequentemente localizadas em cidades médias que construíram sua identidade e sua economia em torno da indústria automotiva convencional. Apenas a título de informação, estudos recentes estimam que os empregos diretos gerados pelo setor manufatureiro de veículos elétricos atinjam entre 59% e 80% do volume dos empregos gerados diretamente pelo setor de veículos a combustão (Cieplinski, Marques e Pires, 2025, p. 17). Portanto, a substituição dessas linhas de produção por fábricas de veículos elétricos, que exigem uma linha de montagem mais enxuta e automatizada, pode resultar na perda de milhares de empregos, afetando diretamente o comércio local, os serviços públicos e o próprio tecido social dessas regiões, que podem sofrer com o impacto da perda da principal fonte de renda e ocupação.

Isso implica, por exemplo, na implementação de programas de formação técnica e tecnológica, voltados para as novas profissões do futuro, como especialistas em baterias, programadores de sistemas embarcados, técnicos em robótica industrial e profissionais da área de inteligência artificial. Além disso, é essencial o incentivo à diversificação econômica das regiões que dependem fortemente da produção tradicional de veículos, para que possam encontrar novas fontes de geração de emprego e desenvolvimento, adaptando-se ao novo contexto econômico.

No contexto da inclusão socioeconômica, também é importante reconhecer que as novas cadeias produtivas associadas a um tipo de mobilidade elétrica e conectada podem representar importantes vetores de desenvolvimento regional, desde que sejam construídas com esse objetivo em mente.

A fabricação de componentes eletrônicos, baterias e infraestrutura de recarga para veículos elétricos pode contribuir para o surgimento de novos polos produtivos fora das regiões tradicionais do Sudeste, como o Nordeste do Brasil, que tem atraído investimentos significativos no setor de energias renováveis.

Esse processo pode transformar a região em uma fornecedora estratégica de energia limpa e, ao mesmo tempo, em um polo produtor de minerais críticos, como o lítio, encontrado no Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, essencial para a produção de baterias (Mesquita e Silva, 2025). Nesse cenário, políticas públicas focadas em conteúdo local, em colaboração entre universidades e indústrias, e em instrumentos de desenvolvimento regional, ganham uma relevância ainda maior.

O impacto da transformação da indústria automotiva também se estende ao plano urbano, onde a eletrificação dos meios de transporte pode contribuir para repensar a mobilidade nas cidades brasileiras. A transição inclui, por exemplo, a eletrificação de frotas de ônibus, a integração com modais ativos como bicicletas e a promoção de caminhadas, além da utilização de dados para planejar o transporte público em tempo real, otimizando fluxos e conectividade (Fulton, Moura e Reich, 2024).

Essas inovações têm o potencial de melhorar significativamente a qualidade de vida urbana, tornando a mobilidade mais eficiente, acessível e adaptada às necessidades da população, além de promover um ambiente urbano mais limpo e menos congestionado. Entretanto, é preciso que a indústria automotiva se conecte diretamente aos desafios reais das cidades brasileiras, muitas das quais enfrentam profundas desigualdades territo-

riais e deficiências em infraestrutura. As áreas periféricas, por exemplo, frequentemente carecem de serviços de transporte público adequados, o que impede o pleno acesso dos cidadãos a oportunidades de mobilidade e, por consequência, a outras oportunidades sociais e econômicas. A transformação que está sendo vivida pela indústria automotiva precisa levar em consideração essas disparidades, criando soluções de mobilidade que atendam a todos os cidadãos, sem aumentar ainda mais a exclusão (Benevenuto e Caulfield, 2019).

Além disso, a transição tecnológica também terá impactos diretos no perfil ocupacional do setor automotivo, com a redução de funções operacionais repetitivas e o aumento da demanda por profissionais qualificados em áreas como automação, inteligência artificial, análise de dados e desenvolvimento de *software*. Essa mudança, se não for acompanhada por políticas públicas eficazes e por estratégias empresariais focadas na formação e requalificação profissional, pode resultar em uma exclusão social ainda maior e no agravamento do desemprego estrutural. Por outro lado, essa transformação também pode ser uma oportunidade única para valorizar o trabalho humano, criando empregos mais qualificados e mais bem remunerados (Campanini *et al*., 2022).

Desse modo, percebe-se que essa transição, que já está em curso, vai exigir um esforço coordenado para alinhar a formação profissional com as novas demandas do setor, além de políticas públicas que assegurem a inclusão de todos nesse novo mercado de trabalho. Isso traz consigo uma reestruturação nas linhas de produção e um impacto no nível de emprego, com a automação de tarefas repetitivas e a consequente redução da necessidade de mão de obra em determinadas áreas. A adaptação dos trabalhadores a essas novas exigências será crucial para o sucesso da transição, e a educação e a requalificação se tornam peças-chave nesse processo.

A digitalização também tem o potencial de flexibilizar as relações de trabalho, com a expansão de modalidades temporárias, terceirizadas e sob demanda, o que pode enfraquecer as proteções sociais. Há, portanto, risco de agravamento das desigualdades, impactando desproporcionalmente trabalhadores mais velhos, mulheres e grupos sociais historicamente marginalizados, que enfrentam dificuldades para acessar as novas oportunidades de qualificação.

A precarização, portanto, não é uma consequência inevitável da inovação tecnológica, mas sim uma escolha que dependerá das decisões políticas e

empresariais que forem tomadas. Por isso, é necessário que a modernização da indústria automotiva seja feita de forma consciente e responsável, considerando o impacto que essa mudança terá nas vidas das pessoas e no futuro da sociedade.

Desafios e oportunidades para o Brasil na indústria automotiva do futuro

O Brasil, com seu enorme potencial estratégico, possui todas as condições necessárias para se tornar um verdadeiro *hub* regional de excelência e inovação na produção de veículos elétricos e nas tecnologias de mobilidade sustentável, não apenas para o mercado interno, mas também para toda a América Latina. Para concretizar essa visão, o país pode aproveitar de maneira inteligente e proativa sua infraestrutura industrial já consolidada, que, mesmo diante dos desafios, oferece uma base sólida sobre a qual é possível construir um futuro promissor.

Apesar das dificuldades econômicas e estruturais enfrentadas nos últimos anos, o Brasil ainda detém um parque produtivo considerável e uma capacidade instalada significativa. Além disso, o mercado interno continua sendo o maior da América Latina, com uma demanda crescente por soluções de mobilidade mais alinhadas às preocupações ambientais que marcam o contexto global.

Esse cenário, por sua vez, é complementado pela diversificação das fontes energéticas do país, que, além de contar com uma matriz elétrica predominantemente limpa, também se destaca pelo vasto potencial de expansão das energias renováveis, como eólica e solar. Sem contar a expertise consolidada na produção de biocombustíveis, que pode ser uma peça chave na transição para uma mobilidade mais sustentável (Lima, Seabra e Cunha, 2025; Milanez *et al*., 2025). Contudo, para que essa promessa se torne realidade, é fundamental que o Brasil invista de forma robusta, contínua e estratégica em áreas cruciais para o desenvolvimento da mobilidade sustentável. A ampliação dos recursos destinados à pesquisa e ao desenvolvimento (P&D) deve ser uma prioridade, abrangendo todos os aspectos necessários para a evolução tecnológica do setor (Tarraço *et al*., 2019). Isso inclui o aprimoramento das baterias, com foco em maior eficiência e segurança, o desenvolvimento de *softwares* avançados para veículos conectados, a criação de materiais mais leves e recicláveis, além de inovações em sistemas de gestão energética e conectividade.

Desse modo, para que o Brasil consiga prosperar nesse novo cenário, será imprescindível criar e manter um ambiente regulatório estável, que seja ao mesmo tempo previsível e favorável aos investimentos no longo prazo. Isso inclui a modernização do parque industrial existente, o incentivo para o desenvolvimento de novas empresas e *startups* inovadoras, e a criação de um ecossistema onde a colaboração entre os diversos atores, públicos e privados, se dê de forma constante e eficaz. Sendo assim, fica claro que o fortalecimento das parcerias entre governos, empresas, montadoras, fabricantes de autopeças, empresas de energia, universidades e centros de pesquisa será determinante para construir uma base sólida para o avanço do setor no Brasil (Ibusuki, Kaminski e Bernardes, 2020).

É importante destacar que o ecossistema de *startups*, cada vez mais crescente no país, tem se mostrado uma importante fonte de soluções criativas e inovadoras para os desafios da mobilidade urbana e rural. Desde a gestão de frotas de veículos elétricos e compartilhados até o desenvolvimento de *softwares* para veículos autônomos, as *startups* estão criando alternativas que podem transformar a indústria automotiva brasileira. Para que esse movimento se expanda, é necessário que o país ofereça apoio efetivo a essas iniciativas empreendedoras. Isso pode ser feito por meio de linhas de crédito específicas, subvenções governamentais, incentivos ao capital de risco e à participação de investidores anjo, além da promoção de uma conexão mais forte entre *startups* e grandes empresas, especialmente as montadoras.

Com isso, o Brasil poderá dinamizar seu ecossistema de inovação e impulsionar a criação de novas tecnologias, ao mesmo tempo em que gera empregos qualificados em setores de ponta e fortalece a competitividade da indústria automotiva nacional. No entanto, a integração dessas soluções inovadoras às grandes cadeias produtivas das montadoras estabelecidas será um processo crucial, e o modo como os investimentos em novas tecnologias e políticas públicas de incentivo serão aplicados será essencial para facilitar essa absorção de inovações.

Com uma abordagem coordenada e bem executada, será possível acelerar a transição para a mobilidade elétrica e fortalecer a posição competitiva da indústria automotiva brasileira, permitindo-lhe enfrentar os desafios impostos pela globalização.

Por outro lado, analisar o cenário geopolítico atual é fundamental. A ascensão de montadoras chinesas como líderes globais no setor de veículos elétri-

cos e as tensões comerciais e tecnológicas entre os blocos econômicos e as potências industriais, oferecem tanto oportunidades quanto riscos para o Brasil.

O país tem uma oportunidade única de atrair investimentos substanciais e tecnologias de ponta das novas potências automotivas, o que permitiria a modernização do parque industrial e a aceleração da transição para a mobilidade elétrica. Por outro lado, esse movimento pode resultar em um aumento da dependência tecnológica, caso o Brasil não adote uma estratégia clara de absorção de conhecimento e capacitação da sua força de trabalho nas novas tecnologias (Tarraço *et al*., 2019).

Portanto, o caminho mais estratégico para o Brasil é buscar uma autonomia tecnológica progressiva, por meio de parcerias seletivas e bem planejadas, que possibilitem a transferência de tecnologia e o desenvolvimento de capacidades locais nas áreas mais cruciais para a eletrificação, como a produção de baterias, o desenvolvimento de *software* automotivo e a fabricação de componentes eletrônicos avançados.

Essa estratégia deve ser acompanhada por um fortalecimento contínuo da base científica e tecnológica nacional, com investimentos em pesquisa básica e aplicada em universidades e centros de pesquisa, criando um ciclo virtuoso que leve o Brasil a se tornar um líder regional, ao menos, no setor automotivo sustentável.

A incorporação dos princípios da economia circular em toda a cadeia de valor da indústria automotiva também deve ser uma prioridade. Isso envolve a criação de sistemas eficientes e economicamente viáveis de reciclagem de baterias de veículos elétricos, o uso de materiais reciclados e renováveis na produção de novos veículos, a redução do consumo de água e energia nos processos industriais e a implementação de princípios de design ecológico que facilitem a desmontagem e reutilização de componentes. Tais iniciativas devem ser incentivadas e apoiadas por políticas públicas que integrem a sustentabilidade como parte de uma estratégia industrial de longo prazo, alinhada com os objetivos de descarbonização e de construção de um futuro mais sustentável para as próximas gerações.

Dentro desse contexto, é essencial que a indústria automotiva brasileira contribua de forma efetiva para as metas nacionais de redução das emissões de gases de efeito estufa e para o enfrentamento das mudanças climáticas. Isso inclui não apenas a produção de veículos elétricos, mas também a transformação de toda a cadeia produtiva automotiva para que se torne mais eficiente, menos poluente e mais integrada aos objetivos globais de

sustentabilidade. O sucesso dessa transição depende do alinhamento entre o setor público e o privado, com a definição de metas claras, incentivos bem direcionados e um monitoramento rigoroso dos impactos socioambientais das políticas e ações implementadas.

Por fim, é importante destacar que o futuro da indústria automotiva no Brasil não será determinado apenas dentro das montadoras ou centros de pesquisa, mas dependerá do ambiente institucional, da direção estratégica dada pelo Estado e da habilidade do país em se posicionar de maneira assertiva em um cenário internacional que se transforma rapidamente.

Nesse processo, políticas públicas bem estruturadas, acordos internacionais que favoreçam a inovação e o crescimento, e uma política industrial proativa serão decisivos para o sucesso do Brasil na construção de uma indústria automotiva mais sustentável e tecnologicamente avançada.

Os exemplos de políticas passadas, como o Regime Automotivo dos anos 1990 e o Inovar-Auto (2013 – 2017), mostram que o Brasil já experimentou diferentes modelos de intervenção estatal. Apesar de alguns avanços, ambos enfrentaram críticas em termos de execução e falta de uma integração mais ampla com as cadeias de valor globais.

Nesse contexto, o Programa Rota 2030, apesar de seus méritos, enfrentou desafios em termos de implementação e articulação com outras políticas industriais e de inovação, além de ser visto por alguns críticos como um programa pouco audacioso, estabelecendo objetivos relativamente fáceis de serem alcançados (Voz, 2022). O Programa Mover, que incorpora e complementa os objetivos definidos inicialmente no Rota 2030, substituindo-o pouco a pouco, é uma tentativa de redefinir as políticas automotivas no Brasil, representando uma oportunidade concreta de alinhar o país às megatendências globais da descarbonização e da digitalização do setor. Por outro lado, sua efetividade dependerá da forma como será implementado.

Além das políticas nacionais, o Brasil precisa fortalecer sua posição internacional, aproveitando acordos comerciais como o Mercosul — União Europeia e estabelecendo parcerias estratégicas com países asiáticos, como China, Coreia do Sul e membros da ASEAN (Associação de Nações do Sudeste Asiático).

O caso das montadoras chinesas no Brasil, que estão não apenas vendendo veículos, mas ajudando a reconfigurar a indústria local nessa transição, re-

vela a importância de uma estratégia clara para aproveitar essas parcerias de forma benéfica para o país.

Esse processo exige a superação da lógica de um Estado reativo e a construção de uma política industrial mais proativa, que antecipe as tendências e combine inovação e políticas públicas de desenvolvimento. Para isso, é fundamental mobilizar instrumentos como compras públicas verdes, fundos de financiamento à inovação e articulação com universidades e arranjos produtivos locais, criando um ambiente favorável à inovação e evitando a concentração de poder nas grandes montadoras.

Além disso, o papel das cidades e dos governos locais é fundamental para a transformação da mobilidade urbana, com a implementação de infraestrutura de recarga, regulação de frotas e a educação para a mobilidade sustentável. Por isso, é fundamental criar um sistema de governança multinível, que conecte as competências dos entes federativos e, com isso, garanta políticas mais eficazes e ajustadas às realidades locais.

Dessa forma, o Brasil tem, nas suas mãos, a oportunidade de se tornar um líder mundial na mobilidade sustentável, aproveitando seu potencial de inovação, recursos naturais e capacidade industrial, desde que adote visão estratégica e compromisso com a transformação da mobilidade e o alinhamento às tendências globais. O futuro da indústria automotiva brasileira depende de ações coordenadas e da construção de uma política industrial disciplinada e integrada.

Considerações finais

A indústria automotiva brasileira está, sem dúvida, passando por uma transformação sem precedentes, com impactos profundos no desenvolvimento econômico, social e ambiental do país. Trata-se de um ponto de virada decisivo que vai moldar seu papel, relevância e capacidade de competir na economia global do século XXI, especialmente em um momento em que a mobilidade ganha contornos cada vez mais tecnológicos e sustentáveis.

A eletrificação dos veículos, impulsionada pela crescente preocupação com a crise climática e pela rápida evolução tecnológica das baterias, cada vez mais acessíveis e capazes de reter carga e gerar maior autonomia aos produtos que equipa, está mudando radicalmente os padrões de personalização da produção industrial. Isso tudo é possível graças à automação avançada, à

inteligência artificial e à conectividade, que permitem processos produtivos mais alinhados às demandas em tempo real dos mercados.

Outro ponto essencial nesse cenário é a pressão crescente por práticas de produção e consumo sustentáveis. Trata-se de uma transformação técnica e cultural que envolve toda a cadeia de valor. Ao mesmo tempo, os padrões de consumo evoluem em ritmo acelerado, com consumidores cada vez mais exigentes, que buscam veículos que aliem tecnologia e soluções personalizadas de mobilidade, dentro de um ecossistema que valoriza a experiência do usuário tanto quanto o produto em si.

Diante disso, é necessária uma transformação profunda de toda a estrutura do setor automotivo brasileiro, desde os elos mais básicos da cadeia de suprimentos até os modelos de negócio e a forma de se relacionar com os consumidores e os novos mercados. É preciso redesenhar a lógica industrial com base em uma visão sistêmica e orientada ao futuro e às novas tendências de mercado.

Esse processo, embora repleto de muitas incertezas quanto ao ritmo e à direção das mudanças, também traz consigo uma amplitude de oportunidades. O Brasil tem a chance de se reposicionar como um protagonista global relevante e competitivo dentro da nova e estratégica indústria da mobilidade. Para isso, pode e deve aproveitar seus diferenciais naturais e industriais, desenvolvendo novas competências tecnológicas e produtivas que fortaleçam sua posição no cenário internacional.

O futuro da mobilidade desenha-se de forma cada vez mais nítida como um cenário em que a preocupação ambiental ocupa lugar central. A eletrificação dos veículos aparece como um dos pilares principais, sendo complementada por outras fontes de energia renovável e de baixo carbono, como o hidrogênio verde, biocombustíveis avançados e até energia solar e eólica, que podem suprir parte significativa da demanda energética da nova matriz de transportes.

A inteligência embarcada, viabilizada pela conexão dos veículos à internet das coisas (IoT), pela constante sofisticação dos sistemas de assistência à condução e pelo uso intensivo da inteligência artificial para aprimorar o desempenho, a segurança e a experiência do usuário, torna-se peça-chave.

Além disso, a colaboração eficiente entre diferentes modais de transporte, tais como o transporte público eletrificado, o transporte individual compartilhado e os sistemas logísticos integrados, e entre diversos atores do

vasto ecossistema de mobilidade será essencial para criar um sistema de transporte mais sustentável, inteligente e eficiente.

E o Brasil, se souber agir de forma estratégica, poderá aproveitar plenamente seus recursos naturais, como seu potencial para geração de energia limpa, sua biodiversidade, seu território extenso, seu clima favorável e sua riqueza em minerais essenciais para baterias e sistemas de armazenamento de energia. Além disso, conta com um mercado consumidor relevante.

Sendo assim, para alcançar esse objetivo e garantir um futuro sólido para a indústria automotiva e para toda a sociedade brasileira, será indispensável conquistar soberania tecnológica em áreas-chave da mobilidade do futuro.

Isso inclui, especialmente, reduzir a dependência de tecnologias estrangeiras e fomentar o desenvolvimento de soluções próprias, feitas sob medida para as necessidades e realidades do país. O caminho está aberto para uma mobilidade verdadeiramente transformadora, uma indústria automotiva nacional renovada, inovadora e altamente competitiva, e para um Brasil mais integrado ao século XXI. Mas, para isso, será necessária a coragem política para tomar decisões e estabelecer uma agenda estratégica para planejar a longo prazo e, sobretudo, capacidade de execução para transformar intenções em realidades.

A recente chegada e expansão das montadoras chinesas ao Brasil, com seus modelos de produção conectados, digitais e suas estratégias agressivas de eletrificação, demonstra que a competição global será cada vez mais acirrada. Mas também evidencia que há espaço para inovação, investimentos robustos e reconfigurações de mercado. O que está em jogo, portanto, não é apenas o tipo de veículo que será fabricado nos próximos anos e décadas, mas o próprio modelo de desenvolvimento que o Brasil pretende consolidar.

No fim das contas, a indústria automotiva continuará sendo um espelho das transformações mais profundas da economia brasileira. Sua capacidade de se reinventar, abraçando a inovação tecnológica e o compromisso ambiental, será crucial para definir não apenas sua relevância neste século, mas também o próprio rumo que o país deseja seguir.

Em última instância, fica evidente que o desafio vai além de proteger o que já está construído. O verdadeiro objetivo é dar forma ao que ainda não existe. O Brasil possui condições objetivas e estratégicas para se firmar como

líder da transição regional, talvez global, para uma mobilidade mais limpa e eficiente.

Mas para isso, será preciso articular todos os seus ativos humanos, naturais, tecnológicos e institucionais em torno de um projeto nacional sólido, que una visão a longo prazo, mecanismos eficazes de indução tecnológica, regulação ambiental clara, e uma política educacional que forme os talentos certos para essa nova era da indústria automotiva.

Referências

ANDERSON, Edward G. (*et al.* 2022). Electric Vehicles Are a Platform Business: What Firms Need to Know. *California Management Review*, v. 64, p. 135-154.

ANDRADE, Rodrigo (2023). Os desafios para consolidação dos veículos elétricos no Brasil. *IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada*. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/cts/en/topics/360-os-desafios-para--consolidacao-dos-veiculos-eletricos-no-brasil . Acesso em: 08 jul. 2025.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA (2025). *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira*. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Disponível em: https://anfavea.com.br/site/anuarios-2/ . Acesso em: 08 jul. 2025.

BENEVENUTO, Rodolfo; CAULFIELD, Brian (2019). Poverty and transport in the global south: An overview. *Transport Policy*, v. 79, p. 115-124.

CAMPANINI, Pedro R. *et al.* (2022). Políticas públicas para a modernização da indústria automotiva brasileira. *REA-Revista Eletrônica de Administração*, v. 21, n. 2, p. 379-400.

CANDIDO, Gustavo B.; CARIO, Silvio A.; SHIMA, Walter (2020). A internacionalização da indústria automobilística brasileira: dinâmica produtiva e estratégias de mercado. *Revista Catarinense de Economia*, v. 4, n. 1, p. 124-151.

CARLEY, Sanya; KONISKY, David (2020). The justice and equity implications of the clean energy transition. *Nature Energy*, v. 5, n. 8, p. 569-577.

CESAR, Julio (2025). SP entrega 115 ônibus elétricos e mantém maior frota do Brasil. *Inside EVs*. Disponível em: https://insideevs.uol.com.br/news/756336/saopaulo-frota-onibus-eletricos/. Acesso em: 03 jun. 2025.

CIEPLINSKI, André; MARQUES, Pedro R.; PIRES, Luiza N. (2025) A transição da indústria brasileira para veículos elétricos e seus efeitos em emprego e renda. *Report ICCT*.

DE NEGRI, João A. (1999). O custo de bem-estar do regime automotivo brasileiro. *Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea),* Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/5032 . Acesso em: 04 jul. 2025.

FIANI, Ronaldo (2025). As Incertezas da Indústria Automobilística. *Diário de Petrópolis*, Disponível em: https://diariodepetropolis.com.br/integra/colunista-ronaldo-fiani-17515. Acesso em: 04 jul. 2025.

FULTON, Lewis; MOURA, Iuri; REICH, Taylor (2024). Cidades Compactas Eletrificadas: Brasil. *ITDP Brasil*, p. 23. Disponível em: https://itdpbrasil.org/cidades-compactas-eletrificadas-brasil/ . Acesso em: 07 jul. 2025.

GAUTO, Marcelo *et al*. (2023). Hybrid vigor: Why hybrids with sustainable biofuels are better than pure electric vehicles. *Energy for sustainable development*, v. 76.

GOVERNO BRASILEIRO (2023). *Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira.* gov.br.

IBUSUKI, Ugo; KAMINSKI, Paulo C.; BERNARDES, Roberto C. (2020). Evolution and maturity of Brazilian automotive and aeronautic industry innovation systems: a comparative study. *Technology Analysis & Strategic Management*, v. 32, n. 7, p. 769-784, jul.

IPCC (2022). Climate Change: Mitigation of Climate Change. Genebra: IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/ . Acesso em: 08 jul. 2025.

JULLIEN, Bernard (2023). From ICE to BEVs: what changes of downstream business ecosystems to wait? *International Journal of Automotive Technology and Management*, v. 23, n. 4, p. 445-458.

LIMA, Paulo; SEABRA, Joaquim; CUNHA, Marcelo (2025). Balancing biofuels and electrification: Carbon neutrality pathways of Brazilian light vehicle fleet. *Transportation research part d-transport and environment*, 139.

MANSUR, Ana I. (2025) Acordo Mercosul/União Europeia é novamente prioridade de Lula, mas com outro foco. *R7*. Disponível em: https://noticias.r7.com/brasilia/acordo-mercosuluniao-europeia-e-novamente-prioridade-de-lula-mas-com-outro-foco-04072025/. Acesso em: 04 jul. 2025.

MARX, Roberto; DE MELLO, Adriana M. (2014). New initiatives, trends and dilemmas for the Brazilian automotive industry: the case of Inovar Auto and its impacts on electromobility in Brazil. *International Journal of Automotive Technology and Management* v. 21, n. 2, p. 138-157.

MARX, Roberto *et al*. (2015). Spatial contexts and firm strategies: applying the multilevel perspective to sustainable urban mobility transitions in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 108, p. 1092-1104, dez.

MASELLI, Michele *et al*. (2025). Electric or internal combustion vehicles? A Life Cycle Assessment in Sao Paulo. *Renewable & sustainable energy Reviews*, 212.

MESQUITA, Pedro P. D.; SILVA, João P. C. D. (2025). Oportunidades na cadeia de materiais minerais para baterias de veículos elétricos. *In:* DEPARTAMENTO DE RELACIONAMENTO DO BNDES (Org.). *Descarbonização dos transportes:* perspectivas diante da transição energética. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, p. 69-91.

MILANEZ, Arthur Yabe *et al*. (2025). O papel dos biocombustíveis na transição energética da mobilidade. *In:* DEPARTAMENTO DE RELACIONAMENTO DO BNDES (Org.). *Descarbonização dos transportes: perspectivas diante da transição energética*. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, p. 93-109.

MONTOIA, Vinicius (2024). Mover: veja o que muda com o novo programa do governo. *G1*, Disponível em: https://g1.globo.com/carros/noticia/2024/06/27/mover-veja-o-que-muda-com-o-novo-programa-do-governo.ghtml . Acesso em: 04 jul. 2025.

PARDI, Tommaso (2024). Is Europe on track towards net zero mobility? Working Paper. *ETUI – The European Trade Union Institute*.

PATEL, Pari (1995). Localized production of technology for global markets. *Cambridge Journal of Economics*, v. 19, n. 1, p. 141-153, fev.

PATEL, Pari; PAVITT, Keith (1991). Large Firms in the Production of the World's Technology: An Important Case of "Non-Globalisation". *J Int Bus Stud,* v. 22, n. 1, p. 1-21.

PELEGRINA, Juliano; STOEBER, Timo; FOUTO, Nuno (2023). Will Rota 2030 deliver sustainable innovation? Comparing the ends and means of Brazilian and German auto industry innovation policies. *Innovation & Management Review*, 20, n. 3, p. 227-243.

PLATTEK, Bruno; VILLARIM, Paulo R.; CAVALCANTI, Carlos E. D. S. (2025) A descarbonização do setor automotivo como uma oportunidade para a engenharia automotiva brasileira. *In:* DEPARTAMENTO DE RELACIONAMENTO DO BNDES (Org.). *Descarbonização dos transportes:* perspectivas diante da transição energética. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. p. 41-68.

PORTER, Michael E.; HEPPELMANN, James E. (2015). How smart, connected products are transforming companies. *Harvard Business Review*, v. 93, n. 10, out.

REISCHAUER, Georg *et al.* (2024). The slipstream strategy: How high--status OEMs coopete with platforms to maintain their digital extensions" edge. *RESEARCH POLICY*, v. 53, n. 7.

SCHAEFERS, Tobias; LAWSON, Sephanie J.; KUKAR-KINNEY, Monika (2016). How the burdens of ownership promote consumer usage of access--based services. *Marketing Letters*, v. 27, n. 3, p. 569-577, set.

SOMMER, Stefan; PROFF, Heike; PROFF, Harald (2021). Digital transformation in the global automotive industry. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 21, n. 4, p. 295-321.

SOUZA, Felipe D. O.; VAZ, Clarissa T. Os ônibus elétricos e a descarbonização da mobilidade urbana (2025). *In:* DEPARTAMENTO DE RELACIONAMENTO DO BNDES (Org.). *Descarbonização dos transportes: perspectivas diante da transição energética.* Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, p. 111-129.

TARRAÇO, Elisangela L. *et al.* (2019). Innovation capabilities for global R&D projects in subsidiaries. *European Journal of Innovation Management*, 22, n. 4, p. 639-659, ago.

TOKITO, Shohei; NAKAMOTO, Yuya (2025). Differences in vehicle electrification policies and optimal transition periods across countries. *Journal of Industrial Ecology*, v. 29, n. 3, p. 878-890.

VOZ, Hairton Ponciano (2022). Montadoras cumprem metas do Rota 2030. Algumas passam raspando. *AutoData*, Disponível em: https://www.

autodata.com.br/noticias/2022/11/17/montadoras-cumprem-metas-do-rota-2030-algumas-passam-raspando-/48541/. Acesso em: 07 jul. 2025.

WOLFFENBÜTTEL, Rodrigo. F. (2022) Políticas setoriais e inovação: entraves e incentivos ao automóvel elétrico no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*, 21, p. e022017.

O PAPEL DO REGIME POLÍTICO NA TRAJETÓRIA DE DESCARBONIZAÇÃO DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA BRASILEIRA

Rodrigo Foresta Wolffenbüttel
Flávia L. Consoni

Introdução

As ameaças associadas às mudanças climáticas, que incluem a recorrência de eventos climáticos extremos com riscos à saúde pública, insegurança energética e instabilidade econômica, entre outras, têm impulsionado a necessidade de transformação estrutural em setores intensivos em emissões de gases de efeito estufa (GEE). Esse movimento encontra sustentação na evidência científica presente nos relatórios do Painel Governamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2023) os quais associam a mitigação dos efeitos climáticos com a redução dos GEE, especificamente do CO_2.

Tais ameaças intensificam a urgência em reorientar a atuação de setores altamente emissores rumo a modelos mais sustentáveis e de baixa emissão. Um dos alvos desta ação é o setor de transportes, altamente dependente do consumo de combustíveis fósseis, especificamente do diesel e da gasolina.

É nesta perspectiva que a busca pela descarbonização tem se consolidado, como um vetor estratégico de transformação que força a indústria automobilística a apresentar motorizações alternativas que se adaptem aos mais rígidos padrões de controle das emissões. A força desta pressão pela descarbonização tem, inclusive, levado ao questionamento sobre a emergência de uma "segunda revolução automobilística", no sentido colocado por Freyssenet (2011), associada a uma mudança radical na propulsão, na arquitetura e nas funcionalidades dos veículos. O veículo elétrico, então protagonista desse cenário de rupturas e grande aposta para acelerar a descarbonização do setor de transporte, ainda era apresentado como uma aposta incerta em 2010 (Freyssenet, 2011).

Na época, o automóvel elétrico começava a ser anunciado como o futuro da mobilidade e algumas empresas começavam a fortalecer os investimentos na tecnologia. Com base nos avanços na capacidade de armazenamento de energia das baterias veiculares e nas legislações mais rigorosas visando à emissão de gases, analistas entusiasmados projetavam o ano da virada tecnológica. A grande questão, porém, não era quando, mas quem iria dominar a tecnologia e liderar a disputa rumo à eletrificação veicular.

Ocorre que, ao longo destes anos, a eletrificação veicular tem conseguido se impor e ampliar sua participação no mercado de forma bastante célere. Em 2024, as vendas globais de carros elétricos atingiram cerca de 17 milhões de unidades, representando mais de um em cada cinco carros vendidos no mundo (IEA, 2025), ainda que de forma geograficamente concentrada. O líder desta transição tem sido, desde que o mercado para veículos elétricos passou a se fortalecer, um país, até então, sem grandes tradições no setor automotivo. A China é atualmente o maior produtor e o maior mercado de carros elétricos no mundo, somando mais de 11 milhões de novos carros elétricos comercializados somente em 2024.

O Brasil, apesar de sua relação histórica com a indústria automotiva (Shapiro, 1997), apresenta um desempenho modesto no processo de eletrificação veicular. Automóveis produzidos localmente não possuem conexão externa com redes elétricas, são híbridos convencionais e, portanto, são considerados como veículos eletrificados. A produção local de veículos elétricos no Brasil ainda está no início e tem ocorrido somente no formato de montagem SKD (*Semi Knocked-Down*), na planta da chinesa BYD em Camaçari (BA). Além disso, a imensa maioria dos carros elétricos comercializados no Brasil é produzida no exterior, principalmente na China (IEA, 2025).

Tendo em vista esses aspectos, o desempenho do país no setor não destoa muito de outras economias emergentes, com parques industriais automotivos consolidados, como México e Indonésia. Porém, ao considerar as oportunidades envolvidas e o potencial da transição tecnológica para alavancar o desenvolvimento socioeconômico nacional, questiona-se o que teria sido necessário para impulsionar essa transição no contexto brasileiro.

Parte da resposta encontra-se na experiência de países líderes na eletrificação veicular, tais como China, Estados Unidos, Alemanha e França, e no papel desempenhado pelas políticas públicas como direcionadoras da transição. Estudos sobre o tema (Consoni *et al*., 2018) atestam a importância de estratégias claras e do uso combinado de diversos instrumentos políticos

para a promoção da mudança tecnológica nesses países. Em especial, no caso da China, destaca-se sua dimensão e conjuntura administrativa singular, mas principalmente as radicais mudanças promovidas em seu regime político, por meio de diversos planos estratégicos — *Automotive Readjustment and Revitalization Plan* (2009-2011), *Energy-Saving and New Energy Automotive Industry Development Plan* (2012-2020), Planos Quinquenais (2011-2015), (2016-2020), (2021-2025) e *Made in China Plan* (2015-2025) — que priorizaram como metas estratégicas a transição energética, o desenvolvimento de tecnologias relacionadas a fontes renováveis e o incentivo aos veículos movidos com a novas fontes de energia, em que se destaca a eletrificação da mobilidade.

A partir dessa reflexão, o presente artigo busca explorar a configuração do regime político associado à indústria automotiva brasileira e suas recentes mudanças face às transformações no mercado automotivo e nas cadeias globais de valor, tendo como contexto a tendência de descarbonização. Mais especificamente, volta-se para a relação entre o regime político nacional e as transições tecnológicas em curso no setor de automóveis e comerciais leves.

Para tanto, o texto se propõe a analisar de forma exploratória e descritiva, ao longo de seis seções (incluindo essa Introdução), o conjunto de instrumentos políticos, voltados para o setor automotivo, mobilizados nas últimas décadas, no âmbito federal. Foram analisados os documentos relativos aos programas setoriais, às políticas tributárias e às políticas de padrões de emissão.

Transições e Regime Políticos

Os processos de substituição de sistemas tecnológicos consolidados por alternativas consideradas mais sustentáveis, como o caso da eletrificação dos automóveis, têm sido investigados por diferentes correntes teóricas. Uma das perspectivas mais difundidas neste tema é a transição para a sustentabilidade (*sustentability transition*). Segundo ela, transições deste tipo vão muito além da simples substituição de uma tecnologia por outra, pois envolvem mudanças profundas nas estruturas tecnológicas, sociais, institucionais, culturais e econômicas de determinados sistemas (Köhler *et al*., 2019; Markard *et al*., 2012).

Logo, trata-se de transições sociotécnicas complexas e multifacetadas que tendem a envolver processos longos, influenciados por diversos atores, pressões externas, mecanismos de bloqueio e mudanças nas regulações e ideias que sustentam os sistemas existentes. Ademais, a mudança em um sistema tecnológico tende a impactar outros sistemas para que a transição ocorra, revelando sobreposições entre eles (Geels, 2018; Geels e Turnheim, 2022).

Uma das vertentes teóricas desta corrente é a perspectiva multinível (*multilevel perspective*). Proposta por Frank Geels (2002, 2019), a teoria busca investigar o processo de transição com base na compreensão da dinâmica de influência mútua entre os diferentes níveis do sistema sociotécnico. Para o autor, a transição sociotécnica é entendida como um processo que ocorre na interface entre três diferentes níveis analíticos: os nichos de inovações tecnológicas radicais (nichos de inovação), os regimes estabelecidos, que representam a estruturação institucional do sistema (regime sociotécnico), e pressões do contexto socioeconômico mais amplo (*landscape*), sujeito a mudanças lentas e externas.

Todavia, os sistemas sociotécnicos são altamente resistentes às mudanças, tanto em termos materiais (infraestruturas físicas, ganhos de escala, desempenho) quanto institucionais (normas, regulações, expectativas). Portanto, mudanças desta escala e natureza dependem de diversos fatores, dinâmicos e interrelacionados, tais como: intensidade e extensão das pressões externas; articulação e organização dos atores incumbentes; grau de maturação técnico-econômica da novidade tecnológica; e capacidade dos desafiantes de superar as barreiras existentes e alterar o conjunto de regras que estrutura o regime sociotécnico.

Em contextos de transição sociotécnica, os instrumentos políticos vigentes e os formuladores de políticas públicas desempenham papel-chave, pois expressam uma importante dimensão do sistema, capaz de reforçar ou tensionar a conjuntura, por meio da implementação, adaptação e descontinuação de políticas públicas (Markard, Suter e Ingold, 2016).

Apesar de sua relevância, a dimensão política das transições tem sido assinalada como um ponto fraco da perspectiva multinível (Patterson *et al.*, 2017). Visando responder às críticas, que apontam para a pouca atenção dispensada às relações de poder e às estratégias de resistência dos incumbentes, Roberts e Geels (2019) propõem avanços no marco teórico ao in-

tegrar o conceito de regime de políticas para investigar os mecanismos de mudança política nas transições.

Tributário da teoria institucionalista, o regime político, ou regime de políticas, é um conceito que entende as instituições para além de contextos estratégicos da ação, pois representa um conjunto de elementos estruturais e compartilhados que orientam a forma como os problemas são percebidos e as soluções são procuradas, sustentando assim a política pública, em determinada área, ao longo do tempo. Trata-se de um modelo que busca sintetizar a literatura sobre mudança de políticas públicas e combinar uma perspectiva sobre fatores exógenos com um foco nos processos políticos (Wilson, 2000).

Roberts e Geels (2019) mobilizam o conceito para compreender as condições sob as quais os formuladores de políticas são capazes de introduzir mudanças políticas significativas para a promoção das transições sociotécnicas. Para tanto, descrevem como principais componentes do regime:

- Os arranjos institucionais, incluindo redes de política (como especialistas, burocratas, grupos de interesse) e procedimentos específicos (responsabilidades, regras de acesso);
- As ideias compartilhadas sobre definição de problemas e objetivos de política, os conceitos e percepções comuns que orientam a formulação e implementação das políticas;
- A política propriamente dita: planos, metas e instrumentos usados para atingir os objetivos estabelecidos.

De acordo com essa concepção, o regime seria resultado de conflitos passados, interesses e estruturas que evoluíram ao longo do tempo. Porém, como o interesse dos pesquisadores está voltado para a transição sociotécnica (Roberts e Geels, 2019), o desenvolvimento tecnológico é adicionado ao marco conceitual como elemento de influência. Dessa forma, o regime passa a ser estruturado a partir da influência de três diferentes grupos societais: empresas e interesses do setor privado; grande público; e avanços tecnológicos e conhecimento/expertise técnico.

Em circunstâncias normais, os regimes políticos são relativamente estáveis, pois tendem a assegurar os interesses existentes, por meio de cami-

nhos consolidados, e a evitar transformações radicais. Porém, mudanças no equilíbrio de poder, como rupturas abruptas causadas por crises ou dinâmicas mais graduais de interesse, como retornos negativos sistemáticos (Weaver, 2010), seriam capazes de possibilitar, e até mesmo tornar necessário, o abandono de determinadas políticas públicas, por parte dos formuladores (Geels, 2014).

Logo, a configuração dos regimes políticos e o equilíbrio de poder entre os atores do sistema são centrais para a compreensão da transição, pois a promoção de mudanças no regime de política pode ser considerada uma das melhores estratégias para facilitar a transição sociotécnica, especialmente ao enfraquecer os regimes incumbentes, possibilitando novas opções tecnológicas e sociais.

No caso da descarbonização de automóveis e comerciais leves, no Brasil, é preciso ressaltar que o regime político que estrutura o processo de transição perpassa diversas áreas temáticas, tais como: políticas industriais de apoio à indústria automobilística; políticas de apoio ao desenvolvimento tecnológico da infraestrutura de recarga; políticas de apoio à eficiência energética; políticas de controle da poluição do ar; políticas de combate e de mitigação das mudanças climáticas; e políticas de estímulo aos biocombustíveis.

Todavia, longe de expressar um todo coerente e ordenado em direção à eletrificação veicular, o referido conjunto de políticas é marcado pela desarticulação, intermitência, fragmentação e carência de um direcionamento claro em relação às alternativas tecnológicas possíveis. De maneira geral, as políticas que estruturam o regime são transversais, independentes de um planejamento central e orbitam a interface da eficiência energética, como ações voltadas para a meta generalista de promoção de tecnologias "limpas" (Consoni *et al.,* 2024).

Nos últimos anos, porém, isso vem sendo alterado com a publicação de novos instrumentos políticos ambiciosos pelo Governo Federal. Entre os referidos instrumentos, destacam-se o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Mover), o Programa Nova Indústria Brasil (NIB) e o Programa Combustível do Futuro, que buscam fornecer uma direção articulada para a descarbonização do setor de transporte no país. No entanto, longe de apontar para a eletrificação da frota de automóveis e comerciais leves, esse novo conjunto de políticas sugere uma transição baseada em um mix tecnológico, com a participação de diferentes tecnologias, como os biocombustíveis, a eletrificação e a combinação entre eles, resultando no veículo híbrido *flex*

(que funciona tanto a álcool quanto a gasolina, ou com a mistura entre ambos), como caminho para a descarbonização.

A passagem para essa configuração envolveu uma transformação gradual do regime político, que passou de um regime marcadamente protecionista e restrito, para uma política não compulsória de desenvolvimento tecnológico voltada para a eficiência energética e para a segurança veicular, até um regime mais abrangente e orientado para transição tecnológica que promova a sustentabilidade em seu sentido amplo.

Da Inovação Tecnológica à Mobilidade Verde

Após a crise financeira internacional de 2008, o Governo Federal tomou uma série de medidas para assegurar o crescimento econômico por meio do aumento da produção e do consumo. Entre estas medidas anticíclicas, destacaram-se a redução dos juros, a expansão ao crédito, os programas de incentivo à aquisição de ônibus e caminhões e a redução da alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) sobre o setor automotivo, a qual foi confirmada pela Medida Provisória n. 451 e regulamentada no Decreto de n. 6.687/08. Para os veículos de até 1000 cc, a alíquota, que era de 7% desde 2004, foi zerada até dezembro de 2009, quando se iniciou um aumento gradual da alíquota até seu valor original. Cabe referir que a alíquota do IPI para os automóveis importados acompanhou a alíquota dos automóveis nacionais.

Apesar da crise internacional, esse conjunto de medidas possibilitou a manutenção da dinâmica de expansão do mercado. Tanto a produção nacional quanto as vendas internas seguiram sua expansão até 2010. De uma frota de 20.093 mil veículos e uma taxa de 8,6 habitantes por veículo, em 2001, passou a 32.065 veículos e 6,7 habitantes por veículo, em 2010 (ANFAVEA, 2014).

Contudo, o período pós-crise foi marcado pela estagnação das exportações e pelo aumento gradual da importação de automóveis, o que fez com que a produção nacional encolhesse sua participação no mercado interno. Segundo dados da ANFAVEA (2014), as vendas de automóveis importados cresceram cerca de 30%, em 2011, alcançando uma participação de 21% nas vendas internas. Frente ao avanço da indústria internacional, o Governo Federal alterou, significativamente, as alíquotas do IPI, aumentando em até 30 pontos percentuais, o valor do IPI para automóveis importados

de países com os quais o Brasil não tivesse acordo comercial (Lucinda e Pereira, 2017).

Essa política de majoração do IPI para importados, supostamente, deveria vigorar até o final de 2012. Porém, com o lançamento do Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores, o Inovar-Auto, essa estratégia governamental foi estendida.

Em vigor entre 2013 e 2017, tratava-se de um programa que concedia crédito presumido, às empresas habilitadas, na alíquota do IPI para os automóveis importados. Por sua vez, a habilitação era condicionada ao cumprimento de uma série de metas, como atingir níveis mínimos de eficiência energética, incluindo a adesão ao Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV/Inmetro); realizar etapas fabris no país; aumentar a segurança dos veículos produzidos; e promover investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (P, D&I).

O programa se diferenciava das políticas industriais anteriores, pois colocava, além do adensamento da cadeia produtiva, a inovação como um objetivo central da política setorial automotiva (Ibusuki *et al*., 2015). Isto é, pela primeira vez, o governo exigiu das empresas contrapartes relacionadas não apenas a metas locais de produção, mas a metas de consumo e eficiência de combustível, bem como requisitos mínimos de investimentos em engenharia, tecnologia industrial básica (TIB) e na capacitação de fornecedores.

Como consequência, o programa atraiu investimentos internacionais e provocou mudanças tecnológicas importantes na produção de automóveis. Para atingir as metas estabelecidas, diversas montadoras investiram em tecnologias mais eficientes, como motores com turbocompressores, injeção direta e práticas de *downsizing* (utilização de motorização de menor capacidade volumétrica e uma menor quantidade de cilindros no motor para atingir índices de consumo mais eficientes). Todavia, considerando a meta de fortalecer as capacidades locais de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, não é possível atribuir o mesmo sucesso à política, pois, muitos dos investimentos anunciados não se sustentaram e os esforços realizados pelas empresas se concentraram, principalmente, na adaptação local de componentes disponibilizados por intermédio de transferência de tecnologia oriunda das matrizes (Ibusuki *et al*., 2015).

Logo, trata-se de um período em que o regime político estava voltado para a proteção e o desenvolvimento da indústria nacional. O grande problema

era a perda de competitividade das empresas instaladas no país, face à crescente importação de automóveis mais eficientes e seguros, e as consequências socioeconômicas dessa inflexão. Neste arranjo institucional, relativamente restrito aos atores tradicionais do setor automotivo, a questão das mudanças climáticas e da consequente descarbonização não se apresentava como um problema eminente, tampouco a transição para tecnologias alternativas figurava como uma solução próxima. Talvez por isso a alteração na política tributária dos automóveis eletrificados tenha se efetivado sem grandes contestações. Utilizando-se do argumento de que é necessário incentivar o consumo dessa tecnologia (veículo elétrico), ainda sem produção local, e inserir o Brasil em novas rotas tecnológicas, em 2015, o Imposto de Importação (II) sobre veículos híbridos passou de 35% para 0% a 7%, conforme o nível de eficiência energética. Em 2016, uma nova resolução da Câmara de Comércio Exterior (CAMEX) passou a isentar os veículos a propulsão elétrica ou movidos a hidrogênio do tributo de importação.

Sancionado em dezembro de 2018, pela Lei n. 13.755, o Programa Rota 2030 — Mobilidade e Logística, inaugura um novo momento para o regime político do setor automotivo nacional. Marcado por um contexto em que a discussão sobre descarbonização e tecnologias alternativas está muito mais acentuada — inclusive com o Brasil assumindo o compromisso de reduzir suas emissões de GEE na Convenção das Partes ocorrida em Paris (COP 21) — o Rota 2030 manteve a lógica de metas de eficiência energética como principal característica do programa.

Todavia, o Rota 2030 diferencia-se do Inovar-Auto ao apostar em uma regulação menos protecionista, voltada para o cumprimento de requisitos mínimos, tanto para bens importados, quanto para bens de origem nacional, e pelo teor facultativo da habilitação no programa. Como contrapartida do cumprimento das metas de rotulagem, eficiência energética e segurança veicular, as empresas produtoras e importadoras poderiam ser beneficiadas por alíquotas menores no IPI. No caso dos veículos híbridos equipados com motor *flex fuel*, a alíquota do IPI deveria ter uma redução adicional, de três pontos percentuais em relação aos veículos convencionais.

Outra importante diferença está relacionada aos dispêndios de P&D das empresas habilitadas, que poderiam ser parcialmente deduzidos do Imposto de Renda da Pessoa Jurídica (IRPJ) e da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL). Uma segunda forma de fomento à pesquisa, prevista na lei, refere-se ao regime de autopeças não produzidas localmente,

que previa a isenção do imposto de importação de autopeças novas, sem produção nacional equivalente. Essa isenção estava condicionada à realização de dispêndios correspondentes ao montante equivalente à aplicação da alíquota de 2% (dois por cento) do valor aduaneiro em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação e em programas prioritários de apoio ao desenvolvimento industrial e tecnológico para o setor automotivo.

Os referidos programas prioritários podem ser considerados uma estratégia descentralizada de promoção do desenvolvimento industrial e tecnológico da cadeia de fornecedores do setor automotivo. Trata-se de cinco programas, em linhas específicas de pesquisa, coordenados e administrados por instituições de ciência e tecnologia nacionais, tais como SENAI, EMBRAPII, FINEP e FUNDEP. Em termos de transição tecnológica, destaca-se, entre os programas prioritários propostos, a linha de pesquisa "V — Biocombustíveis, Propulsão Alternativa e Segurança Veicular", coordenada pela FUNDEP e voltada para o tema da descarbonização (FUNDEP, 2020).

Ainda no âmbito das diferenças, cabe ressaltar a presença de diferentes atores sociais no arranjo institucional que possibilitou a elaboração da política. Para além dos grupos de pressão vinculados às montadoras instaladas no país há mais tempo — *firstcomers* e *latecomers* (Lima e Santos, 2021) — participaram das discussões associações e empresas vinculadas à mobilidade elétrica e ao setor elétrico. Entre elas, a Associação Brasileira dos Proprietários de Veículos Elétricos Inovadores (ABRAVEi), a Associação Brasileira de Baterias Automotivas e Industriais (ABRABAT), a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE), a Associação Brasileira de Engenharia Automotiva (AEA), as montadoras de ônibus elétricos BYD e Eletra, e as empresas Itaipu Binacional e CPFL Energia. Essa participação foi vinculada à criação de um grupo de trabalho específico para abordar o tema da mobilidade elétrica (Wolffenbüttel, 2022).

Apesar deste avanço em termos de percepção sobre a transição tecnológica, os efeitos concretos para a eletrificação da indústria automotiva foram modestos. De fato, os biocombustíveis e as novas tecnologias de propulsão passaram a ocupar mais espaço nas ideias compartilhadas sobre possíveis soluções para o problema da integração da indústria nacional na cadeia global de valor. Porém, longe de propor uma escolha tecnológica clara ou impor metas compulsórias de emissões ou de frotas, a política centrou-se em metas de eficiência energética, baseadas em megajoule por quilômetro (MJ/Km), e na redução da alíquota do IPI para veículos equipados com

motores híbridos, híbridos *flex fuel* e elétricos, conforme Decreto nº. 9.442, de 5 de julho de 2018.

Segundo a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE, 2025), foram emplacados, em 2023 — último ano de vigência do Rota 2030 — 93.927 automóveis e comerciais leves eletrificados. Isso correspondeu a 4,3% do mercado e representou um crescimento de 90,3% em relação a 2022. Esta expressiva expansão, no entanto, é marcada por dois movimentos distintos: a elevada participação de veículos híbridos[1] *flex fuel* (23%), montados pela Toyota no Brasil; e a crescente importação de veículos de montadoras chinesas. Segundo a ABVE (2025), as chinesas, BYD, GWM e Chery, foram responsáveis por cerca de 44% das vendas de veículos eletrificados no país, em 2023.

Constata-se, desta forma, um regime político, com um arranjo institucional menos restrito, que percebeu a defasagem tecnológica e a baixa competitividade da indústria automotiva nacional como riscos reais de transferência das atividades de P&D e perda de investimentos para outros países. Por isso, buscou o desenvolvimento tecnológico e o fomento à cadeia produtiva de fornecedores como estratégia para elevar a capacidade do setor. Porém, trata-se de um regime centrado em metas de eficiência energética, com algumas vantagens para o uso de biocombustíveis, como o etanol e o biodiesel, o que acabou estimulando o desenvolvimento de inovações incrementais e a manutenção do motor a combustão interna como rota tecnológica predominante. Não por acaso, montadoras incumbentes como a Toyota e a Stellantis reforçaram suas apostas em projetos de motores híbridos *flex*.

Em termos de impactos e resultados, pode-se afirmar que o regime obteve um relativo sucesso ao fomentar o desenvolvimento de inovações voltadas para a eficiência energética, reforçando a adesão ao Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV), movimento iniciado ainda na época do Inovar Auto como adesão voluntária, promovendo a comercialização de veículos mais eficientes[2] e seguros. Todavia, ao considerar

1. Cabe reforçar que veículos híbridos convencionais (HEV) não possuem ligação externa com a rede elétrica e não são considerados veículos elétricos nos principais relatórios internacionais que acompanham a projeção deste mercado, com destaque para os relatórios Global EV Outlook, da Agência Internacional de Energia, e os Electric Vehicle Outlook da BloombergNEF. Para estas agências, o termo veículo elétrico refere-se aos Battery Electric Vehicle (BEV) e Plug-in Hybrid Vehicle (PHEV).

2. Também contribuiu para isso a entrada em vigor das novas fases do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, Proconve L7 e P8, em 2022 e 2023, que impuseram limites

o objetivo de reposicionar a indústria nacional na cadeia global de produção, com base no diferencial tecnológico, verifica-se a insuficiência de suas metas e instrumentos em face aos desafios recentes do setor.

De fato, as questões referentes às mudanças climáticas, às emissões de GEE e à descarbonização do setor aparecem secundadas diante do tema da eficiência energética, da competitividade da indústria e da poluição do ar. Tais questões só passam a ter centralidade no momento seguinte, quando um novo ciclo de políticas orientadas por missões (Mazzucato, 2018) ganha espaço na agenda pública brasileira, como será visto na próxima seção.

Contexto Atual

O ano de 2024 inaugura um novo ciclo para o regime político do setor automotivo. Diante da tendência de crescimento do mercado de eletrificados e do aumento da participação dos automóveis de origem chinesa, as montadoras incumbentes se mobilizaram e pressionaram o Governo Federal pelo fim da isenção do imposto de importação para veículos elétricos vigente no país desde 2016. Publicada em novembro de 2023, a Resolução do Comitê-Executivo de Gestão da Câmara de Comércio Exterior, Gecex n. 532, prevê a elevação gradual e escalonada da alíquota do imposto de importação para os veículos elétricos a partir de janeiro de 2024, até atingir a alíquota de 35% em meados de 2026 (Consoni *et al*., 2024). Apesar deste esforço, as vendas de carros eletrificados no Brasil praticamente dobraram (177.358 unidades, que correspondem a 7,4% do mercado) em 2024, com mais de 85% dos novos carros elétricos vindos da China (IEA, 2025). Ademais, até 2023, os veículos híbridos respondiam pelo maior percentual das vendas de veículos elétricos no país; entretanto, a partir de 2024, os veículos conectados à rede elétrica (a bateria e os híbridos *plug in*) assumiram a liderança nas vendas totais (ABVE, 2025).

É neste contexto que novos programas, voltados para a promoção de formas de transporte energeticamente mais eficientes, menos poluidoras e menos dependentes de fontes fósseis, foram lançados pelo gover-

mais rigorosos para as emissões de poluentes e estimularam a adoção de tecnologias mais avançadas para controle de emissões, levando à descontinuidade na produção de modelos que não atendiam os novos requisitos.

no federal. Entre esses destaca-se o Programa Combustível do Futuro (tornado lei em 2024), que busca promover a mobilidade sustentável de baixo carbono e consolidar o Brasil como líder da transição energética global; o Programa Nova Indústria Brasil (NIB), política industrial lançada pelo governo federal em 2024; e o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Programa Mover), também sancionado em 2024, como substitutivo ao Programa Rota 2030. Os três programas possuem propostas de articulação entre si, o que sugere uma preocupação com a coerência política entre as iniciativas.

Outro importante ponto em comum entre os programas é a centralidade que os temas da descarbonização e do combate às mudanças climáticas passam a ocupar nas políticas; não por acaso, a redução das emissões de GEE, por meio da promoção da mobilidade sustentável, aparece como um importante objetivo dos programas. Sob este aspecto, tanto o Programa Combustível do Futuro, quanto o Nova Indústria Brasil, apresentam metas de descarbonização da matriz energética dos transportes.

Este último, voltado para o adensamento de cadeias produtivas prioritárias, tem na sua "Missão 3 – Infraestrutura, saneamento, moradia e mobilidade sustentáveis para a integração produtiva e o bem-estar nas cidades", a meta de "aumentar a participação de veículos eletrificados (elétricos e híbridos) com baterias nacionais na comercialização de veículos novos para 3% em 2026 e para 33% em 2033" (Brasil, 2024, p. 54), por meio de uma série de instrumentos como linhas de financiamento específicas para mobilidade sustentável, contratações públicas e instrumentos tributários.

Por sua vez, a "Missão 5: Bioeconomia, descarbonização e transição e segurança energéticas para garantir os recursos para as gerações futuras" também se relaciona à descarbonização dos transportes ao buscar "promover a indústria verde, reduzindo a intensidade de emissões de gases de efeito estufa por unidade de produto", por meio da ampliação da participação de biocombustíveis e elétricos na matriz energética de transportes (Brasil, 2024, p. 81).

Essa meta está diretamente relacionada ao Programa Combustível do Futuro (Lei n. 14.993, de 8 de outubro de 2024), que busca reforçar a expansão do uso de combustíveis sustentáveis e com baixa intensidade de carbono, com base nas experiências nacionais bem-sucedidas com etanol e biodiesel. Uma das principais ações do programa é alterar os

limites máximo e mínimo do teor de mistura de etanol anidro à gasolina C e de biodiesel ao diesel comercializado ao consumidor final.

No que se refere aos automóveis e veículos leves, o principal impacto do Programa reside na elevação dos limites máximo (35%) e mínimo (22%) da mistura de etanol anidro à gasolina. A lei atual fixou em 27% o percentual obrigatório de adição de etanol, em volume, à gasolina em todo o território nacional, podendo ser alterado, dentro dos limites estabelecidos, pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), além da descarbonização, a medida busca elevar a octanagem do combustível brasileiro, induzindo a um novo ciclo de aprimoramentos dos motores de combustão interna (EPE, 2025).

Outro aspecto relevante da Lei é a alteração da metodologia adotada para Avaliação do Ciclo de Vida da fonte energética. A partir de 2032, será adotada a metodologia "do berço ao túmulo" em substituição a metodologia "do poço à roda", incluindo as etapas de descarte e reciclagem de componentes dos veículos. O objetivo da medida é avaliar de forma mais abrangente as emissões dos diversos energéticos utilizados nos modais de transportes, incluindo as etapas de geração, extração, produção e uso de fontes energéticas. A referida alteração está diretamente relacionada à nova política setorial da indústria automotiva, o Programa Mover.

Instituído em junho de 2024 (Lei n 14.902/2024), o Programa Mobilidade Verde e Inovação busca dar continuidade às medidas de incremento da eficiência energética e desenvolvimento das cadeias produtivas do setor, implementadas pelo Rota 2030, porém inaugura algumas diferenças importantes relacionadas aos requisitos obrigatórios e ao sistema de tributação. Além disso, o Mover segue os "objetivos da neoindustrialização e as missões definidas em política industrial" (art. 1º, § 1º) e tem, entre suas finalidades, diferentemente do Rota 2030, a descarbonização e o alinhamento a uma economia de baixo carbono.

Para isso, o programa propõe alterações relevantes nos requisitos obrigatórios para a comercialização e para a importação de veículos novos no país. A primeira delas refere-se à eficiência energética, que passa a considerar dois ciclos distintos: "do tanque à roda" para a eficiência energética veicular e "do poço à roda" para a emissão de dióxido de carbono (eficiência energético-ambiental). A segunda estabelece requisitos de reciclabilidade veicular, isto é, percentual em massa de um veículo

novo potencialmente passível de ser reutilizado, reciclado ou recuperado energeticamente.

Desta forma, o programa avança na busca pela descarbonização via transição tecnológica ao impor parâmetros mínimos de eficiência energética vinculada às emissões de GEE e ao exigir a utilização de material reciclado na fabricação dos veículos. Alinha-se a isso a expectativa prevista em lei, a partir de 2027, de requisitos obrigatórios relacionados à pegada de carbono do produto, no ciclo "do berço ao túmulo". Em outras palavras, projeta-se a observação de requisitos mínimos que levem em consideração a pegada de carbono de todos os componentes e de todas as etapas de produção, uso e descarte do veículo.

Em relação ao sistema de tributação, as mudanças também são expressivas. Até a entrada em vigor do programa, a alíquota do IPI era determinada basicamente em função da cilindrada do motor e do combustível que utiliza. Entretanto, o Mover determinou a mudança dessa sistemática para o sistema "*bônus-malus*" (recompensa/penalização), com base em indicadores que levam em conta: i) fonte de energia e tecnologia de propulsão; ii) eficiência energética, considerado como parâmetro o ciclo "do tanque à roda"; iii) potência do motor; iv) desempenho estrutural e tecnologias assistivas à direção e v) reciclabilidade veicular. Assim como os requisitos de comercialização, está prevista na lei a inclusão de alíquotas diferenciadas para a pegada de carbono do produto, a partir de 2027.

Cabe salientar que, apesar do programa ser voltado para a mobilidade em geral, estas medidas tributárias se aplicam somente aos automóveis e comerciais leves. Isso foi regulamentado recentemente pelo Decreto n. 12.549, de 10 de julho de 2025, que estabeleceu os diferenciais na alíquota de IPI[3] para o atendimento dos referidos critérios e instituiu o conceito de Carro Sustentável. As variações nas alíquotas, conforme os critérios, passam a valer a partir de novembro de 2025 e tendem a favorecer a venda de veículos mais eficientes, seguros, com maior teor de reciclabilidade e tecnologias de propulsão alternativas, como elétricos a bateria (BEV), híbridos *plug-in flex* (PHEV) e híbridos convencionais *flex* (HEV), conforme Quadro 1. Especialmente no caso de híbridos *flex,* que terão, assim como no Rota 2030, diferenciação de alíquota de até 3 (três) pontos percentuais em relação aos veículos convencionais.

3. Também chamado de IPI Verde, trata-se de política tributária que visa estimular práticas sustentáveis na indústria por meio da modulação do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI).

Quadro 1 – Variação na alíquota do IPI conforme critério de fonte de energia e tecnologia de propulsão.

Fonte de energia e tecnologia de propulsão	Variação de alíquota (pontos percentuais)	
	Automóveis	Comerciais Leves
Elétrico	-2	-2
Híbrido recarregável *flex-fuel*/etanol	-2	-2
Híbrido completo *flex-fuel*/etanol	-1,5	-1,5
Híbrido leve *flex-fuel*/etanol	-1	-1
Etanol	-0,5	-0,5
Flex-fuel	0	0
Híbrido recarregável gasolina	2	0,5
Híbrido completo gasolina	3	1
Híbrido leve gasolina	4,5	1,75
Híbrido recarregável diesel	3	1
Híbrido completo *diesel*	4	1,5
Híbrido leve *diesel*	5,5	2
Gasolina	6,5	2,25
Diesel	12	2,5

Fonte: Elaboração própria com base no Decreto n. 12.549/2025.

Já as mudanças vinculadas ao Carro Sustentável entraram em vigor na data de publicação do Decreto e são voltadas exclusivamente para modelos compactos produzidos no Brasil (com etapas como soldagem, pintura, fabricação do motor e montagem no país) que atendam critérios de baixa emissão (≤ 83 gCO2/km) e reciclabilidade (compostos por mais de 80% de materiais recicláveis). Atendidos os critérios, as empresas poderão solicitar o registro de versão sustentável de cada marca e modelo, no Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), para obter a isenção do IPI nesses veículos.

A medida é temporária, vale até 31 de dezembro de 2026, e busca fomentar o mercado de carros populares de baixa emissão. Segundo o vice-presidente e ministro do MDIC, Geraldo Alckmin, cinco montadoras já têm modelos que se encaixam no perfil do chamado Carro Sustentável: Volkswagen (Polo), Chevrolet (Ônix), Renault (Kwid), Hyundai (HB20) e Ste-

llantis (Mobi e Argo) (Machado, 2025). Diferentemente do Mover, porém, a medida estabelece uma distinção em relação aos veículos importados, que favorece a produção local deste tipo de veículo e busca proteger a indústria da entrada massiva de modelos elétricos importados.

Constata-se, com base nesse conjunto de instrumentos políticos, importantes mudanças no regime político em sua relação com a transição tecnológica. Em termos de arranjo institucional, o contexto atual é marcado por uma participação mais abrangente, de atores de diferentes pastas e sistemas sociotécnicos, que acabam por se sobrepor na busca pelos seus interesses. Em especial, evidencia-se a participação de atores vinculados ao setor de biocombustíveis em políticas estruturantes que envolvem o setor automotivo. Outro aspecto relevante do arranjo é o desenho das políticas, baseadas no modelo orientado por missões (Mazzucato, 2018), e o papel central de coordenador exercido por ministérios, como o MDIC, nos programas NIB e Mover.

Por sua vez, no que se refere às ideias compartilhadas sobre definição de problemas e objetivos das políticas, verifica-se uma crescente relevância das mudanças climáticas como um desafio central a ser enfrentado por meio da descarbonização e da promoção de tecnologias de baixo carbono. Isso fica evidente na introdução de requisitos obrigatórios de emissão de dióxido de carbono para a comercialização de veículos novos e no novo sistema de tributação proposto pelo Mover. A questão da competitividade e do adensamento da indústria local permanece relevante, porém, o caminho para isso é apontado pela via da descarbonização, com especial atenção à potencial contribuição dos biocombustíveis no processo.

Para onde vamos?

Ao observar as mudanças no regime político ao longo dessas últimas décadas, constata-se diferentes formas de se encarar a mudança tecnológica e seu papel na resolução dos problemas postos. O Quadro 2 resume essa relação e busca ressaltar o enfoque dado pelos regimes políticos ao desenvolvimento tecnológico e às tecnologias alternativas de propulsão veicular voltadas à descarbonização.

Quadro 2 – Resumo acerca dos regimes políticos

Principais instrumentos políticos do período	Arranjo institucional	Ideias compartilhadas sobre problemas e objetivos
* Inova Auto (2013-2017) * Resoluções Camex n. 97/2015 e 27/2016 * Programa de Etiquetagem Veicular (2008)	Centrado nos atores tradicionais do setor automotivo e suas entidades de representação (sindicatos patronais e trabalhistas).	**Problema**: Perda da competitividade da indústria nacional face às importações de veículos, produção de impactos socioeconômicos indesejáveis como a perda de postos de trabalho e de arrecadação. **Objetivo**: Política setorial voltada para a proteção, produção e desenvolvimento tecnológico da indústria local. Foco na eficiência energética. Créditos presumidos de IPI como contrapartida à investimentos locais (P&D e novas plantas).
* Proconve L7 e P8 (2022 e 2023) * Rota 2030 (2018-2023) * Decreto n. 9.442/2018	Centrado nos atores tradicionais, porém com alguma abertura para entidades de representação de outros setores (elétrico) e de empresas desafiantes.	**Problema**: Perda de competitividade, ociosidade do parque industrial, defasagem tecnológica como riscos ao setor. **Objetivo:** Políticas voltadas ao desenvolvimento tecnológico, à segurança veicular, à eficiência energética e à qualidade de automóveis como estratégia, porém sem o viés protecionista. Foco maior na eficiência energética e nos benefícios tributários, a partir dos investimentos em P&D e nos programas prioritários.
* Mover (2024-~) * Combustível do Futuro (2024) * Nova Indústria Brasil (2024) * Resolução Gecex n. 532	Arranjo plurissetorial, envolvendo atores de setores sobrepostos ao automotivo (energia, biocombustíveis), coordenado por um agente institucional relevante.	Problema: Mudança climática e perda de relevância da indústria nacional (geral). Objetivo: Políticas voltadas para o combate às mudanças climáticas como forma de reinserção da indústria nacional nas cadeias globais de valor. Foco na descarbonização como meta, por meio do aumento da participação de fontes de energia renováveis, biocombustíveis e elétricas. Mantém os programas prioritários e os benefícios tributários como instrumento.

Fonte: Elaboração própria.

De maneira geral, é possível afirmar que o desenho da política pública voltada para o setor automotivo teve como direcionamento o foco na eficiência energética como critério de qualidade dos automóveis.

O Programa Inovar-Auto (2013 – 2017) introduz esta orientação ao promover metas de consumo e emissões que incentivaram o uso de tecnologias como injeção direta e turboalimentação. Essa abordagem incremental permaneceu como referência nos ciclos políticos subsequentes, refletindo uma preferência institucional por soluções técnicas que conciliam inovação com continuidade. A questão da defasagem tecnológica e das importações também aparece como um tema recorrente da política setorial, com momentos mais restritos, voltados para a proteção do mercado e o desenvolvimento da indústria nacional, e outros menos, focados na atração de novas tecnologias e na competitividade dos fornecedores.

Mais recentemente, a partir de 2024, observa-se uma certa inflexão nas diretrizes de política industrial federal. Novos programas passaram a incorporar, de forma explícita, o imperativo da descarbonização, com metas de redução das emissões de GEE e instrumentos regulatórios e fiscais voltados à transição para uma economia de baixo carbono como agenda de desenvolvimento do país. O Programa Combustível do Futuro, por exemplo, busca ampliar o uso de combustíveis sustentáveis de baixa intensidade de carbono, ancorando-se na experiência nacional bem-sucedida com etanol e biodiesel.

O Mover explicita como finalidade o alinhamento a uma economia de baixo carbono, por meio de vários dispositivos, tais como instituindo um sistema de tributação *bônus-malus* que diferencia alíquotas do IPI com base no desempenho ambiental dos veículos e introduz metas obrigatórias de emissões de CO_2 que, a partir de 2027, passa a considerar a pegada de carbono do veículo ao longo de todo o seu ciclo de vida ("do berço ao túmulo"). O NIB, por sua vez, estabelece metas para ampliar a participação de veículos eletrificados com baterias produzidas nacionalmente e propõe impulsionar uma "indústria verde", com menor intensidade de emissões.

Ainda que sejam colocadas novas sinalizações para a transição da indústria automobilística brasileira visando avançar a descarbonização do setor, sem declaradamente adotar apostas únicas, prevalece uma clara inclinação ao reforço dos biocombustíveis como alternativa sustentável à mobilidade fóssil. Em termos gerais, o impulso para a transformação e a inovação tecnológica tem orbitado em torno de inovações que, embora com menor emissão, são menos disruptivas e incrementais, podendo ser acopladas ao motor a combustão interna.

Considerações finais

A análise do regime político acerca do setor automotivo brasileiro revela uma trajetória de transformação pautada pela busca da descarbonização, ainda que sem romper com a lógica predominante de inovação incremental centrada no motor a combustão interna.

Historicamente orientada pela eficiência energética como critério técnico central, a política pública para o setor consolidou um padrão de desenvolvimento tecnológico que evitou rupturas, diferentemente do observado em outras economias que lideram o processo de eletrificação veicular.

Nos ciclos mais recentes, observa-se uma inflexão relevante: a descarbonização passa a ocupar papel de maior destaque nas novas estratégias de desenvolvimento industrial. Entretanto, essa reorientação não se traduz em uma adesão exclusiva à eletrificação da frota. Ao contrário, o que se consolida é uma transição baseada em um mix tecnológico, no qual soluções como biocombustíveis, veículos eletrificados e veículos elétricos coexistem. Essa estratégia reflete tanto as particularidades da matriz energética brasileira quanto a tentativa de reposicionar a indústria nacional nas cadeias globais sob a lógica da sustentabilidade.

Ao priorizar uma abordagem multifacetada, o regime político brasileiro opta por preservar ativos já consolidados — como a infraestrutura e o conhecimento e aprendizado acumulados sobre os biocombustíveis — e, simultaneamente, responder às pressões climáticas e econômicas do cenário internacional. Com isso, a transição em curso no Brasil pode ser caracterizada menos como uma ruptura tecnológica e mais como uma reconfiguração gradual, em que o motor a combustão, longe de ser descartado, é ressignificado dentro de uma agenda de baixo carbono e baixa emissão.

O desafio futuro será o de aprofundar essa transição de forma a garantir não apenas a descarbonização por meio da redução efetiva das emissões, mas também a capacidade do país de ganhar escala e integrar as cadeias globais de valor por meio da atuação da engenharia brasileira e da geração de conhecimento local.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO – ABVE (2025). ABVE_DATA: *Dados de mercado da mobilidade elétrica no Brasil*. Disponível em: https://abve.org.br/abve-data/. Acesso em: 20 ago. 2025.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA (2014). *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira.* São Paulo: AutoData Editora.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (2025). *Nova indústria Brasil* – forte, transformadora e sustentável: Plano de Ação para a Neoindustrialização 2024-2026. Brasília: CNDI, MDIC. 110p.

CONSONI, Flávia L. *et al*. (2018). *Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos*. Campinas: LEVE/ DPCT/ UNICAMP.

CONSONI, Flávia L. *et al*. (2024). *As cidades como protagonistas:* políticas públicas de transição para mobilidade elétrica. São Paulo: Papagaio.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE) (2025). *Nota de esclarecimento:* Lei combustível do futuro (NE-EPE-DPG-SDB-2024-81). Brasília, DF: EPE.

FREYSSENET, Michel (2011). Three possible scenarios for cleaner automobiles. *International Journal of Automotive Technology and Management*, v. 11, n. 4, p. 300-311.

FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA – FUNDEP (2020). *Rota 2030:* Conheça as linhas temáticas e o cronograma da nova chamada pública da Linha V. Disponível em: https://mover.fundep.ufmg.br/linhas-tematicas-chamada/#. Acesso em: 20 ago. 2025.

GEELS, Frank W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes. A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, Amsterdam, v. 31, n. 8-9, p. 1257-1274.

GEELS, Frank W. (2018). Low-carbon transition via system reconfiguration? A socio-technical whole system analysis of passenger mobility in Great Britain (1990 – 2016). *Energy Research and Social Science*, v. 46, p. 86-102.

GEELS, Frank W. (2019). Socio-technical transitions to sustainability: a review of criticisms and elaborations of the Multi-Level Perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Open Issue 2019, v. 39, p. 187-201.

GEELS, Frank; TURNHEIM, Bruno (2022). *The Great Reconfiguration: A Socio-Technical Analysis of Low-Carbon Transitions in UK Electricity, Heat, and Mobility Systems*. Cambridge: Cambridge University Press.

IBUSUKI, Ugo; BERNARDES, Ricardo; CONSONI, Flávia L. (2015). New Brazilian automotive industrial policy: Analysis of the consequences for local R&D based on new comer's strategies. *International Journal of Automotive Technology and Management*, v. 15, n. 1, p. 63-79, 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA (2025). *Global EV outlook 2025: Expanding sales in diverse markets.* IEA. Disponível em: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025. Acesso em: 20 ago. 2025.

IPCC (2023). *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. H. LEE E J. ROMERO (Org.). Genève, Suíça: IPCC. p. 35-115.

KÖHLER, Jonathan *et al*. (2019). An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 31, p. 1-32.

LIMA, Raphael J. C.; SANTOS, Rafael C. (2021). Forjando a Política Automotiva Brasileira: Incumbentes e Desafiantes na Construção do Programa Inovar-Auto. *Revista Pós Ciências Sociais*, São Luís, v. 18, n. 2, p. 355-380.

LUCINDA, Claudio R.; PEREIRA, Luan M. S. (2017). Efeitos da Redução de IPI sobre Mercado de Automóveis Novos. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA DA ANPEC, 45., *Anais [...]*. Natal: ANPECS, 2017. p. 1-20.

MACHADO, Nayara (2025). Carros populares ganham vantagem em política automotiva verde. *Eixos*, 10 jul. Disponível em: https://eixos.com.br/newsletters/dialogos-da-transicao/carros-populares-ganham-vantagem-em-politica-automotiva-verde/. Acesso em: 20 ago. 2025.

MARKARD, Jochen; RAVEN, Rob; TRUFFER, Bernhard (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy*, v. 18, p. 215-237.

MARKARD, Jochen; SUTER, Marco; INGOLD, Karin (2016). Socio-technical transitions and policy change – Advocacy coalitions in Swiss energy policy. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 18, p. 215-237.

MAZZUCATO, Mariana (2018). Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, Oxford, v. 27, n. 5, p. 803-815.

PATTERSON, James *et al*. (2017). Exploring the governance and politics of transformations towards sustainability. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 24, p. 1-16.

ROBERTS, Cameron; GEELS, Frank W. (2019). Conditions for politically accelerated transitions: Historical institutionalism, the multi-level perspective, and two historical case studies in transport and agriculture. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 140, p. 221-240.

SHAPIRO, Helen (1997). A primeira migração das montadoras: 1956-1968. *In:* ARBIX, Glauco; ZILBOVICIUS, Mauro (Orgs.). *De JK a FHC: a reinvenção dos carros.* Campinas: Scritta, p. 23-88.

WEAVER, Kent (2010). Paths and forks or chutes and ladders: negative feedback and policy regime change. *Journal of Public Policy*, v. 30, n. 2, p. 137-16.

WILSON, Carter A. (2000). Policy regimes and policy change. *Journal of Public Policy*, v. 20, n. 3, p. 247-274.

WOLFFENBÜTTEL, Rodrigo F. (2022). Políticas setoriais e inovação: Entraves e incentivos ao automóvel elétrico no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 21, e022017–34.

ENTRE A EFICIÊNCIA, A ELETRIFICAÇÃO E A DESCARBONIZAÇÃO: o papel do Estado brasileiro na difusão e regulação da indústria automotiva atual

Lucas Lemos Walmrath

Introdução

A história da indústria automotiva é marcada por sucessivas transformações tecnológicas, acompanhando a maturação do paradigma dos veículos até sua configuração atual (cf. Dosi, Orsenigo e Labini, 2005; Mom, 2023). Ao longo das décadas, os governos passaram a exercer um papel cada vez mais relevante no direcionamento e até na definição das tecnologias adotadas, seja para proteger a indústria nacional, favorecer empresas incumbentes (Shapiro, 1994) ou, mais recentemente, estabelecer normas de segurança e limites de emissão de poluentes. Em outras palavras, as mudanças tecnológicas neste setor estratégico vão além da competição entre empresas ou do espírito inovador de engenheiros pioneiros — ainda que esses elementos também sejam fundamentais (Mom, 2023).

O Brasil figura entre os principais fabricantes e consumidores de veículos automotores no mundo, sendo o oitavo maior produtor e o sexto maior mercado doméstico (OICA, 2025a, 2025b). Seu parque produtivo é extenso, disperso geograficamente e composto por dezenas de empresas, que operam em diferentes nichos e segmentos do mercado automotivo (ANFAVEA, 2024). A trajetória da indústria automotiva brasileira, de forma geral, seguiu as transformações tecnológicas observadas nos países centrais do capitalismo — onde se concentram as montadoras que lideram a inovação no setor. O Estado brasileiro, por sua vez, também teve historicamente um papel ativo na transformação e regulação da produção e da tecnologia automotiva. Um exemplo é o estímulo à produção de veículos populares, ainda na década de 1960 (ANFAVEA, 2021b), o que consolidou uma tendência de menor sofisticação tecnológica no setor nacional. No entanto, também

houve momentos de inovação marcantes, como o Programa Pró-Álcool, criado em resposta à crise do petróleo de 1973 e responsável pela abertura de uma importante rota tecnológica nacional, qual seja, a dos veículos que operavam exclusivamente com etanol (Alisson, 2016; ANFAVEA, 2022b). Mais recentemente, a introdução dos veículos *flex-fuel*, a partir de 2003, redefiniu o padrão de motorização ao permitir o uso de gasolina e etanol em qualquer proporção, de acordo com a conveniência do consumidor (Vazzolér e Bonacelli, 2014).

Durante o século XX, consolidou-se o paradigma dos veículos movidos à combustão interna, abastecidos principalmente por gasolina, diesel (sobretudo para veículos de carga, como caminhões, ônibus e picapes de grande porte) e etanol — este último com maior relevância no Brasil e nos Estados Unidos (Mom, 2023). Embora outros paradigmas de *powertrain* tenham emergido na aurora da indústria, os veículos à combustão se estabeleceram como a norma produtiva. Veículos elétricos, por exemplo, surgiram paralelamente aos de combustão (e também aos movidos a vapor); contudo, as primeiras encarnações desta rota tecnológica foram abandonadas[1] por diversos motivos, que vão desde limitações técnicas, como a autonomia e a praticidade das baterias, a opção pelo transporte individual em detrimento do transporte público (que muito se baseava em veículos eletrificados) (Lee e Jacobson, 2023), a expansão dos veículos à combustão interna na Primeira Guerra Mundial e até mesmo fatores socioculturais curiosos, como o desenvolvimento da cultura de turismo (*touring*) e a percepção de que os veículos elétricos seriam mais "femininos" — percepção essa apoiada pelo fato histórico de que as mulheres do início do século XX eram, de fato, suas principais usuárias (Mom, 2013, 2023). Com o estabelecimento dos veículos a combustão como tecnologia dominante, em particular desde o final da Segunda Guerra Mundial, o *lobby* do setor do petróleo também se somou como fator explicativo para a perpetuação desta rota, fator ainda bastante relevante nos dias de hoje (McGreal, 2021).

Nas últimas décadas, contudo, os veículos eletrificados — incluindo os híbridos — ressurgiram como alternativa tecnológica diante das crescentes preocupações ambientais e da necessidade de reduzir as emissões do setor de transportes (Ritchie, 2020). Comparando a poluição a nível local, híbri-

1. Ao contrário do que se poderia imaginar, as primeiras gerações de veículos elétricos eram tão competentes quanto as alternativas tecnológicas rivais (Mom, 2013), daí a opção pelo termo abandonada, em contraste com qualquer expressão que denotasse um fracasso *inerente* a esta tecnologia.

dos emitem menos poluentes, e os elétricos puros praticamente nada emitem[2] em contraste com veículos convencionais, o que os torna uma solução parcial, porém relevante, para os desafios ambientais contemporâneos (*Intergovernmental Panel On Climate Change* – IPCC, 2023). A última década, em especial, assistiu a um avanço expressivo nas vendas e na sofisticação tecnológica desses veículos: se em 2012 as vendas ao redor do mundo não passavam de 200 mil unidades, em 2024 superaram a impressionante marca de 15 milhões de unidades licenciadas (IEA, 2023).

No Brasil, assim como no restante do mundo, os veículos eletrificados tiveram, até recentemente, um papel marginal na história do setor automotivo. O paradigma convencional, centrado no motor a combustão, foi dominante, e as montadoras — subsidiárias de corporações estrangeiras — concentraram-se na produção de veículos menores e tecnologicamente menos complexos. Dada essa configuração, não houve incentivos significativos para o desenvolvimento de rotas tecnológicas alternativas do ponto de vista dos motores ou sistemas de propulsão. Ainda hoje, o alto custo e a complexidade[3] dos veículos eletrificados representam barreiras relevantes. Nesse contexto, o surgimento desta tecnologia parecia altamente improvável — com a importante exceção do Gurgel Itaipu (Bitu, 2021).

Apesar desse histórico, a última década marcou o início de uma inflexão, em particular nos seus últimos anos. Mesmo sob os efeitos da pandemia de covid-19, que impactou duramente a economia e o setor automotivo, o consumo de veículos eletrificados começou a crescer no país. O nicho, restrito a um público específico, passou a ganhar presença nas ruas, gerando impactos nas estratégias das empresas do setor. Por trás dessas mudanças, estão não apenas os movimentos inovadores de empresas incumbentes ou desafiantes (Fligstein, 2001), mas, sobretudo, a ação do Estado.

2. Considerando aqui a poluição do ar, mas, também, a poluição ambiental de maneira multifacetada, o que inclui, por exemplo, a poluição derivada de pneus e fluidos de freio, que permanecem como desafios também para os veículos eletrificados (Zipper, 2023). A ênfase na poluição local, na afirmação, também é importante: ao longo da cadeia produtiva os veículos eletrificados trazem consigo demais entraves ambientais, encontrados, por exemplo, na necessidade de mineração de metais raros, como o lítio usado nas baterias, além do descarte destas.

3. Por complexidade me refiro aqui à sofisticação tecnológica e de engenharia para a *concepção* dos eletrificados, sobretudo de suas baterias, fator que ainda torna estes veículos mais caros que suas contrapartes a combustão. De fato, a complexidade de *montagem* e *fabricação*, uma vez desenvolvido o produto, é, em realidade, até menor que a encontrada em fábricas de veículos convencionais, uma vez que estes possuem menos componentes internos.

Neste capítulo, tenho como objetivo discutir as principais políticas públicas de difusão e regulação da eletrificação da produção e do mercado automotivo brasileiro por meio de uma análise descritiva das principais formas de intervenção estatal. Para além desta introdução, o texto está estruturado em duas seções dedicadas à reconstituição das principais políticas públicas que ajudaram a pavimentar o atual estágio da eletrificação automotiva, desde o início da década passada até o final do ano-chave de 2023. Aludindo ao título do capítulo, nelas eu narro como a regulação brasileira oscilou entre a busca pela eficiência, os estímulos à eletrificação e, mais recentemente, o entendimento em prol da descarbonização do setor automotivo. Como será detalhado, esse processo foi marcado por idas e voltas, frequentemente condicionados por conjunturas específicas. O capítulo se encerra com reflexões sobre esse processo ainda em curso.

Eficiência e eletrificação: coexistência de estímulos

A trajetória das políticas públicas brasileiras voltadas à eletrificação automotiva é marcada por avanços pontuais, descontinuidades institucionais e iniciativas que, embora nem sempre dirigidas diretamente à eletromobilidade, contribuíram para a abertura de caminho a esse novo paradigma tecnológico. Ao longo da última década, medidas regulatórias, programas de incentivo e decisões políticas moldaram, de forma fragmentada, um ambiente que começa a dar sinais mais concretos de transição no setor de transportes.

Um marco inicial foi o lançamento do Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores, conhecido popularmente como Inovar-Auto, em 2012, a primeira[4] política setorial da indústria automotiva brasileira a estabelecer metas explícitas de eficiência energética. Instituído pela Lei n. 12.715/2012, o programa buscava fomentar a inovação, elevar a competitividade da indústria instalada no país e reduzir os impactos ambientais da frota nacional (Governo Federal do Brasil, 2012). Para isso, estabeleceu que os veículos vendidos no Brasil deveriam alcançar, até 2017, uma melhora mínima de 12% na eficiência energética em relação aos padrões de 2011. O programa condicionava be-

4. Tal iniciativa, contudo, ecoava preocupações de longa duração dos órgãos ambientais do Estado brasileiro, que remontam pelo menos aos anos 1980, quando o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) foi instituído pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (ANFAVEA, 2023).

nefícios tributários — como a redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) — ao cumprimento dessas metas e ao comprometimento das montadoras com investimentos em pesquisa, desenvolvimento e produção nacional de componentes. Ainda que a eletrificação não fosse seu foco direto, a ênfase no desempenho energético criou um precedente importante ao incentivar tecnologias mais limpas e eficientes, precedente este que seria mobilizado de maneira dramática nos últimos anos.

Nesse contexto, favorável à introdução de novas soluções, em 2013, a montadora japonesa Toyota apresentou ao Ministério da Fazenda um projeto pioneiro para a produção de veículos híbridos com motorização *flex*, adaptados ao perfil energético brasileiro (Automotive Business, 2013). A proposta antecipava o que viria a ser, anos depois, uma rota nacional promissora: a combinação entre eletrificação e o uso do etanol. No entanto, à época, a proposta não encontrou respaldo institucional efetivo, refletindo algum grau de descompasso entre a disposição de setores da indústria e a agenda estatal em curso, muito em função dos altos custos dos veículos eletrificados. A título de ilustração, apenas naquele ano de 2013, a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) começava a registrar a venda desses veículos, cujo licenciamento fora, até setembro de 2013, de módicos "[…] 344 unidades, entre híbridos e elétricos. Deste grupo participa[va]m apenas três modelos: o Ford Fusion Hybrid, o primeiro da categoria a chegar no mercado brasileiro, em 2011, o Toyota Prius e o Nissan Leaf, este 100% elétrico" (Automotive Business, 2013).

Em 2014, a primeira medida essencialmente pró-veículos eletrificados foi tomada em âmbito governamental. Tratava-se das regras para importação destes veículos, estabelecidas pela Câmara de Comércio Exterior (CAMEX), que efetivamente zeravam o imposto de importação (CAMEX, 2014). No ano seguinte, 2015, o Brasil assumiu um novo compromisso internacional ao assinar o Acordo de Paris, comprometendo-se com metas de redução de emissões de gases de efeito estufa (Governo Federal do Brasil, 2015). Embora o impacto imediato no setor automotivo nacional tenha sido limitado inicialmente, a assinatura do acordo fortaleceu o discurso ambiental nas políticas públicas e aumentou a pressão por medidas concretas. Talvez não seja por acaso que, naquele mesmo ano, o governo federal tenha dado continuidade aos incentivos, novamente por meio da CAMEX e da revisão da Resolução n. 86/2014 (CAMEX, 2015).

Enquanto montadoras buscavam a fabricação de veículos mais eficientes e a introdução de automóveis eletrificados importados, as vendas de veículos nacionais e importados patinavam no país, que entrava, naquele período, em uma profunda recessão econômica (Miotto, 2016). Assim, as primeiras medidas aqui discutidas ainda não pareciam surtir o efeito desejado, ao menos não na magnitude esperada: apenas 1.091 veículos deste tipo foram comercializados em 2016 (ANFAVEA, 2024), um número superior às cifras de 2013 mencionadas anteriormente, mas certamente irrelevante até então.

O desempenho tímido, contudo, não parecia desanimar os legisladores brasileiros, que se mostravam antenados às políticas públicas sendo aplicadas no Norte Global. Em 2017, por exemplo, foi apresentado o Projeto de Lei n. 304, do senador Ciro Nogueira, do Partido Progressistas (PP), que propunha proibir a venda de veículos movidos a combustíveis fósseis a partir de 2030 e restringir sua circulação a partir de 2040 (Nogueira, 2017). Apesar de não ter sido levado a plenário, o projeto simbolizava um momento em que a agenda de transição energética começava a ser discutida com maior atenção no Congresso. No mesmo ano, encerrou-se oficialmente o programa Inovar-Auto, e, com ele, o ciclo inicial de incentivos condicionados a eficiência e inovação tecnológica, sendo um dos resultados de destaque para os interesses deste texto a "[…] redução no consumo energético médio de 15,46% quando comparado ao valor de 2011 (2,07 MJ/Km)" (Grupo de Acompanhamento do Programa Inovar-Auto, 2019, p. 27).

A substituição do Inovar-Auto veio em dezembro de 2018, com a sanção do programa Rota 2030 (Governo Federal do Brasil, 2018). Com diretrizes renovadas, o novo programa manteve o foco em eficiência energética e inovação, introduzindo metas mais flexíveis, porém associadas a uma estrutura institucional mais clara de financiamento e avaliação. Além de ampliar incentivos à pesquisa e desenvolvimento, o Rota 2030 incorporou exigências ligadas à segurança veicular e buscou maior convergência com os padrões internacionais, representando uma continuidade qualificada da política anterior (ANFAVEA, 2022a). Do ponto de vista das emissões, e, ao contrário do que poderia se imaginar dadas as resoluções do CAMEX, não constava no texto nenhum incentivo específico para a fabricação de veículos eletrificados, apenas a exigência de maior eficiência energética dos novos veículos em relação à geração de automóveis anterior — afinal, tratava-se de um programa de eficiência energética, e não industrial de fato. Mais especificamente, até 2022, os veículos produzidos e comercializados pelas montadoras instaladas no território nacional, deveriam ser pelo me-

nos 11% mais eficientes que aqueles que saíram das linhas de montagem em 2017. Além disso, tornava-se obrigatória a adesão ao Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV)[5], o que forçava as montadoras a informar aos consumidores o grau de consumo energético dos seus produtos, tal como visto em demais itens de linha branca (i.e., eletrodomésticos, em geral). Também, no final daquele ano, a Resolução n. 492 do CONAMA estabeleceu novas exigências de controle de emissões, com a implementação das Fases L7 e L8 do PROCONVE para veículos leves (CONAMA, 2018), reforçando o ambiente regulatório em torno da redução de gases poluentes.

Apesar desses avanços em termos de eficiência, o ano de 2018 também marcou, por outro lado, o último ano, até então, de uma das principais iniciativas de planejamento da eletromobilidade no país. O Grupo de Trabalho 7 (GT-7), grupo de trabalho interinstitucional criado para discutir e elaborar uma política nacional de eletromobilidade, encerraria ao final daquele ano suas atividades após a extinção do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) (Polesi, 2023) e sua incorporação ao recém-criado Ministério da Economia do governo de Jair Bolsonaro (Alves e Matoso, 2018). O grupo havia deixado uma proposta bastante estruturada de plano nacional de eletromobilidade, com contribuições de diversas entidades do setor, como a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), o Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (Sindipeças), entre outras (Polesi, 2023). No entanto, a mudança de governo e a reestruturação ministerial levaram ao arquivamento do plano e à paralisação dos debates institucionais sobre o tema.

Esse movimento sinalizou uma ruptura: o início do governo Bolsonaro representou um período de descontinuidade regulatória e escasso protagonismo estatal no fomento à eletromobilidade — e à indústria automotiva, como um todo (Automotive Business, 2021). Embora o Rota 2030 tenha entrado em vigor em janeiro de 2019, a agenda ambiental, dentro da qual a promoção de veículos eletrificados geralmente é associada, não encontrou prioridade dentro da nova administração, muito pelo contrário (Sinal de fumaça, 2021). A exceção foi a publicação de um estudo encomendado para especialistas em tecnologia e inovação para ser um *roadmap* da eletrificação brasileira. Tal estudo, é verdade, havia sido publicado também em 2018 pela mesma equipe de pesquisadores, em uma iniciativa da gestão de

5. Idealizado e implementado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) desde 2009, o programa agora se tornava obrigatório.

Michel Temer. A edição de 2019, por sua vez, reiterava a ausência de um plano nacional de eletromobilidade, muito embora fosse positiva quanto às perspectivas para a década seguinte (Consoni *et al*., 2019). Já do ponto de vista corporativo, algumas das principais montadoras começavam a alertar publicamente que as exigências da fase L8 do PROCONVE tenderiam a favorecer a comercialização de veículos totalmente elétricos (Automotive Business, 2019); tão importante quanto, a Toyota, firma destaque mundial na fabricação em massa de híbridos desde 1997, quando do lançamento do modelo Prius, começava a fabricar seus carros híbridos *flex* em suas fábricas de São Paulo (Izo, 2019).

O consenso pela descarbonização

Os anos de 2020 e 2021 foram marcados por um virtual congelamento das iniciativas públicas no campo da eletromobilidade no país. A pandemia de covid-19 absorveu praticamente toda a atenção do Estado, tanto no nível federal quanto nas esferas estaduais, e impôs severas restrições à atividade econômica, incluindo o setor automotivo. As montadoras enfrentaram quebras de cadeias de suprimentos, queda na demanda e incertezas quanto ao futuro próximo, o que contribuiu para o adiamento ou suspensão de projetos e investimentos em novas tecnologias. Nesse contexto, a agenda de inovação ficou em segundo plano, e nenhuma política relevante foi lançada ou debatida com prioridade durante esse período. Ainda assim, nestes anos emergia o debate que moldaria decisivamente os rumos da eletrificação nacional. A seguir, discuto pontos relevantes que ocorreram no período e a construção do consenso pela descarbonização.

Ainda no começo de 2020, em fevereiro, antes do decreto oficial da pandemia, o PL n. 304/2017 mencionado anteriormente foi aprovado na Comissão de Constituição e Justiça (CCJ) do Senado, mas logo sofreu represália da principal entidade representativa das montadoras, a ANFAVEA, que apontava que já existia uma política para regular as emissões: o Rota 2030 (Automotive Business, 2020e). Mas o que realmente parecia ser o centro das atenções era a fase L8 do PROCONVE, que voltava a assustar as montadoras; neste momento, começa-se a se difundir a necessidade de uma nova metodologia de cômputo de emissões, uma que compreenda o ciclo de vida dos produtos; a metodologia do poço à roda (*well to wheel*) passou a ser defendida (Cardamone, 2020). Nesta forma de calcular as emissões, também os veículos eletrificados, geralmente tidos como exemplares em termos de

emissões, são reconhecidos como poluentes, uma vez que sua fabricação e operação também envolvem o uso de energia suja/não renovável (muito embora boa parte da energia elétrica brasileira seja advinda de fontes renováveis e de baixo carbono). Mais importante para o caso brasileiro, nesta metodologia, os veículos *flex*, em particular os abastecidos com etanol, passavam por uma espécie de reapreciação, dado que a origem do biocombustível compreende também uma etapa de captura de carbono na fase de crescimento da cana-de-açúcar, o que tornaria o ciclo deste combustível não somente renovável, mas sobretudo mais limpo e sustentável.

No que diz respeito ao governo federal, pouco avanço havia sido feito nesta matéria até então. Para mencionar um dos raros momentos, de fato houve tentativas de aproximação simbólica com montadoras especializadas neste nicho de veículos, como a americana Tesla, promovidas pelo governo naquele ano. No entanto, estes contatos vieram a se revelar muito mais gestos midiáticos e demonstrações de afinidade ideológica (cf. Gazeta do Povo, 2024) do que indícios de uma virada em matéria de políticas públicas, sem desdobramentos concretos (Automotive Business, 2020b) — a marca sequer possuía importador oficial no país à época. Mais para o final do ano, em agosto, as montadoras, via ANFAVEA, entraram com um pedido oficial para o governo federal postergar o início das fases L7 e L8 do PROCONVE (Automotive Business, 2020a), o que levou a uma reação do Ministério Público Federal (MPF) (Automotive Business, 2020c). Enquanto isso, o governo federal despistava sua atuação, embora dissesse apoiar esforços pró-eletrificação. Emulando a tônica do programa econômico da gestão, um representante à época sugeria que a transição para novos veículos dependeria de movimentos de oferta e demanda do mercado, mais do que de políticas públicas (Automotive Business, 2020d).

Ao longo de 2021, nenhum fato novo foi produzido no tocante a eletrificação que fosse digno de nota por parte do governo federal e do Estado brasileiro, ao menos não publicamente. De fato, estudos continuavam a apontar o vácuo legislativo e a incipiência das medidas adotadas até então (Nery, 2021). Em paralelo, as firmas incumbentes no mercado nacional se movimentavam e se antecipavam a recuperação futura do cenário econômico, costurando um argumento em torno da *descarbonização*, e não da eletrificação propriamente dita. A bola da vez seriam os híbridos-*flex*, introduzidos pela Toyota alguns anos antes, e que cumpririam os objetivos de eficiência e redução de emissões, sendo mais simples e baratos de se produzir, além de gozarem de uma infraestrutura de recarga já estabelecida, formada por

postos de combustíveis regulares, já que as baterias desta primeira geração de híbridos não seriam *plug-in*, *i.e.,* seriam pequenas, recarregadas apenas por meio da recuperação de energia cinética proveniente da frenagem dos automóveis. A maior expressão desta opção pelos híbridos *flex* se encontrava nos estudos oficiais da ANFAVEA, que também aproveitava o contexto para apontar a ausência de iniciativas do Estado, que deveria, segundo a entidade, perseguir a descarbonização do setor (ANFAVEA, 2021a).

No segundo semestre de 2021, contudo, a agenda climática voltou a ganhar fôlego com os debates da 26ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP), organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) e com a articulação do setor automotivo nacional em torno de uma nova iniciativa, chamada de Mobilidade Sustentável de Baixo Carbono (MSBC). Lançada pela ANFAVEA, a iniciativa era voltada à descarbonização da mobilidade e à valorização do etanol como biocombustível estratégico (ANFAVEA, 2021c). O governo federal abraçou tal iniciativa no âmbito da COP 26, ao convidar um representante da ANFAVEA para compor um dos painéis brasileiros na conferência (Painel "Mobilidade Sustentável de Baixo Carbono e Logística" COP26, 2021). Na ocasião, o governo respaldava os argumentos postos a frente pela ANFAVEA e demais entidades, como a União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia (UNICA). Em novembro daquele ano, o MSBC foi formalmente assinado, consolidando um esforço da indústria automotiva brasileira — especialmente das montadoras e fornecedores ligados à cadeia do etanol — de associar descarbonização à valorização de ativos já existentes no país (Ministério de Minas e Energia, 2021). Essa estratégia, embora não ligada diretamente à eletrificação, mostra como a pauta ambiental passou a ser instrumentalizada para reforçar rotas tecnológicas tradicionais, como a do etanol, em vez de estimular novas alternativas baseadas na eletricidade.

Em 2022, a agenda da eletrificação começou a ser retomada, ainda que de forma desigual. Em janeiro, encerrava-se o primeiro ciclo do programa Rota 2030, que havia sido iniciado em 2018, ao mesmo tempo em que entrava em vigor a fase L7 do PROCONVE para veículos leves. Essa nova fase, vale lembrar, estabelecia limites mais rigorosos para emissões de poluentes e, em tese, ameaçava a vantagem do etanol (Automotive Business, 2019). Embora o impacto imediato da norma tenha sido mais perceptível sobre veículos a combustão, o endurecimento dos critérios abriu uma brecha para o crescimento das vendas de veículos eletrificados, cuja performance ambiental favorecia o cumprimento dessas exigências mais rígidas.

Especialistas do setor passaram a especular a possibilidade de que, com a próxima fase regulatória (L8), prevista para 2025, a eletrificação deixasse de ser apenas uma opção de nicho e passasse a representar uma escolha competitiva também do ponto de vista regulatório.

Durante o segundo semestre, a relação entre o setor automotivo e o governo Bolsonaro permaneceu marcada pela ambiguidade. Em agosto, um encontro técnico entre representantes do governo e da indústria novamente evidenciou a ausência de uma diretriz clara por parte do Estado, com o governo reafirmando sua posição, qual seja, a de que não caberia ao poder público definir rotas tecnológicas, delegando essa responsabilidade ao mercado (Riato, 2022a). Ainda assim, o setor reagia: em outubro, diante do crescimento nas vendas de veículos eletrificados, a ANFAVEA apontou que esse aumento estava diretamente relacionado às metas de eficiência energética impostas pelo Rota 2030, e que o governo deveria considerar medidas específicas para apoiar esse nicho (Cardamone, 2022). Apesar da fala, não houve detalhamento sobre quais políticas seriam defendidas (Simões, 2022). No mesmo período, Lula venceu as eleições presidenciais, reacendendo as expectativas de retomada de uma política industrial e ambiental mais ativa. Ainda em outubro, a Toyota exportou sua tecnologia híbrida *flex* desenvolvida no Brasil para um projeto-piloto na Índia, como parte da missão econômica que articulava o governo federal, a ANFAVEA, montadoras e o setor sucroenergético (Matsubara, 2022).

Em novembro, durante a COP 27, essa articulação se consolidou na forma de uma missão internacional liderada por representantes da indústria e do governo brasileiro (Oliveira, 2022). A ANFAVEA apresentou, então, sua agenda estratégica para a transição energética do setor, centrada na rota híbrida *flex*. O argumento central era que o Brasil possuía vantagens comparativas nessa tecnologia: o país já dominava sua produção, ela era mais acessível economicamente, e, além disso, poderia ser exportada para mercados emergentes que, ao contrário dos países centrais, não promoveriam uma transição direta e imediata para veículos totalmente elétricos. Essa abordagem permitiria, segundo a ANFAVEA, não apenas a descarbonização gradual da frota, mas também a superação de antigas limitações da indústria nacional, como a baixa produtividade e a dificuldade de competir nos mercados internacionais (Oliveira, 2022). Nesse momento, mesmo com Bolsonaro ainda no poder, a indústria já articulava diálogos com o governo eleito de Lula, que prometia retomar os fóruns institucionais de discussão com o setor (Oliveira, 2022). A pressão pareceu surtir efeito: era

anunciado que a nova fase do Rota 2030 incluiria a tão mencionada metodologia do poço à roda (Riato, 2022b), um movimento decisivo em prol da rota híbrida-flex.

Em 2023, com a posse do governo Lula, o Estado brasileiro atuaria de maneira mais decisiva sobre os rumos tecnológicos da indústria automotiva nacional, muito embora seu papel tenha sido, ao fim e ao cabo, o de ratificar as escolhas que foram costuradas pelas principais montadoras e suas representações institucionais de 2020 em diante. Logo no primeiro mês do novo governo, foi recriado o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), o que foi bem recebido pelas montadoras e sinalizou uma retomada da interlocução entre Estado e setor produtivo (Oliveira, 2023a). Nesse mesmo mês, teve início o segundo ciclo do programa Rota 2030, com validade até 2027 (Celestino, 2023). O programa tornou-se o principal espaço institucional em que se disputavam os rumos da descarbonização, com empresas pressionando por diferentes caminhos — da eletrificação direta à aposta em híbridos flex.

Ainda em janeiro, a ANFAVEA publicou uma carta aberta que muito se aproximava dos interesses do governo recém-empossado, na qual o presidente da entidade endossava a agenda de reindustrialização proposta por Lula e reafirmava o compromisso da indústria com a descarbonização (Leite, 2023). Ao mesmo tempo, representantes de empresas incumbentes (como Stellantis e Volkswagen) e de desafiantes (como Toyota) intensificaram o *lobby* para barrar ou dificultar a importação de veículos elétricos (Oliveira, 2023b). A justificativa era que, embora essas importações tivessem sido essenciais para fomentar este nicho de mercado brasileiro, sua continuidade sem contrapartidas locais já representava um risco à indústria nacional e à geração de empregos, um argumento caro ao programa político-econômico petista.

Nos meses seguintes, a atuação do governo avançou, mas também revelou suas limitações. Em junho, no evento "Conduzindo o futuro da eletrificação", promovido pela ANFAVEA, o vice-presidente e ministro do MDIC, Geraldo Alckmin, anunciou que o governo estudava incentivos fiscais para a produção de baterias no Brasil (Conduzindo o futuro da eletrificação no Brasil, 2023). Na mesma ocasião, foi mencionada a elaboração do projeto de lei do chamado "Combustível do Futuro", que, embora centrado nos biocombustíveis, também abarcaria dispositivos relacionados à eletrificação, pesquisa e desenvolvimento tecnológico (Conduzindo o futuro da eletrifi-

cação no Brasil, 2023). Apesar do discurso positivo, a entrega das novas diretrizes do Rota 2030 foi adiada — primeiro para julho, depois para agosto (Oliveira, 2023c).

Ainda assim, em julho, o governo reativou o Grupo de Trabalho GT-7, extinto no final de 2018 (Polesi, 2023), com o objetivo de retomar os trabalhos para a formulação de uma política nacional de eletromobilidade. Essa decisão foi interpretada como sinal claro de que a pauta da transição energética ganharia um espaço institucional próprio no novo governo. Em agosto, mesmo sem apresentar oficialmente a segunda fase do Rota 2030, o governo declarou que havia um consenso fechado em torno da descarbonização, embora sem definição de uma única rota tecnológica (Miragaya, 2023b). A rota híbrida flex, apoiada pelas principais montadoras, aparecia como solução de transição prioritária, sem excluir outras possibilidades — um resultado do forte *lobby* de incumbentes e desafiantes (sobretudo a Toyota) que viam nessa alternativa um equilíbrio entre viabilidade técnica, custo e capacidade de produção nacional.

No fim de setembro, o governo anunciou que o novo Rota 2030 estava "praticamente pronto". A principal mudança seria de perfil: o programa deixaria de ser apenas uma política setorial e passaria a ser tratado como um programa estrutural de Estado, com foco na criação de capacidades produtivas internas para eletrificados (Miragaya, 2023a). Apesar da sinalização, os detalhes específicos ainda não eram conhecidos. Em novembro, veio a decisão mais polêmica: o governo anunciou o retorno gradual da taxação sobre veículos eletrificados importados, acompanhado de um sistema de cotas de importação (Machado, 2023b). A medida dividiu opiniões: enquanto a ABVE manifestou-se contra, argumentando que a decisão poderia desacelerar a adoção de tecnologias limpas e prejudicar consumidores, a ANFAVEA comemorou, sustentando que a taxação criaria um ambiente mais justo para a produção local e protegeria empregos. Por trás da disputa, estava a tensão entre dois modelos: um de abertura tecnológica via mercado globalizado, e outro de proteção e estímulo à indústria nacional.

Ao final de 2023, o governo explicitou que a nova fase do Rota 2030, que seria substituída por uma política industrial mais ampla, também ganharia um novo nome: Mobilidade Verde, ou MOVER. O aguardado programa ainda não havia sido oficialmente lançado, em parte por disputas internas dentro do governo e dificuldades de alinhamento entre os diferentes ministérios envolvidos. Mesmo assim, o ano se encerrou com o Estado como um

dos atores centrais na coordenação da transição energética automotiva, ao promover a reativação de espaços institucionais de debate e a definição, ainda que não declarada, de um caminho de transição baseado em múltiplas rotas — com a rota híbrida *flex* despontando como a mais viável no curto prazo. O programa veio a ser publicizado na véspera do ano novo, ditando os rumos que a indústria seguiria de 2024 em diante (Governo Federal do Brasil, 2023). Em suma, o programa continuava a seguir a ideia mestra do Rota 2030, a principal diferença para o debate deste texto sendo, é verdade, a introdução da metodologia do poço à roda e, mais futuramente, do berço ao túmulo, i.e., computando toda a pegada de carbono da indústria desde a concepção dos veículos até seu descarte; demais medidas envolviam incentivos financeiros para empresas que reciclassem e poluíssem menos por meio do IPI verde (Machado, 2023a).

Considerações finais

Neste capítulo, busquei reconstituir, por meio de uma abordagem descritivo-narrativa, o papel do Estado brasileiro na regulação e difusão das transformações tecnológicas recentes no setor automotivo nacional. Com base no levantamento de políticas públicas, legislações e iniciativas institucionais, foi possível evidenciar não apenas o protagonismo do Estado na condução dessas mudanças, mas também a complexidade das decisões envolvidas — e suas consequências, muitas vezes não previstas, no processo de transição tecnológica.

Em primeiro lugar, destaco a centralidade do Estado na modelagem do mercado automotivo, tanto pela indução da demanda quanto pela estruturação da oferta. Políticas de incentivo a veículos eletrificados, por exemplo, geraram reações organizadas por parte das montadoras, enquanto a posterior retirada de estímulos à importação de eletrificados e a valorização da produção nacional, especialmente de veículos híbridos e o uso de biocombustíveis, ilustram como decisões estatais moldam diretamente os rumos tecnológicos da indústria.

A dimensão temporal dessas decisões também merece atenção. Em um primeiro momento, o Estado oscilou entre promover a eficiência energética e fomentar, de maneira ainda tímida, a eletrificação. A partir de 2020 — e de forma mais clara no governo Lula a partir de 2023 — observa-se a construção (ou, ao menos, a ratificação) de um consenso setorial em torno da descarbonização, mais do que da eletrificação em si. Esse alinhamento

não foi imediato: iniciativas tomadas ainda em 2014/2015 tiveram efeitos retardados, mas acabaram por impulsionar soluções tecnológicas híbridas e flexíveis como respostas pragmáticas de curto e médio prazo.

É importante ressaltar que tais escolhas não são aleatórias. Elas se inscrevem em uma trajetória tecnológica sedimentada ao longo de décadas, marcada por decisões estratégicas e pelo acúmulo institucional. Do Proálcool ao PROCONVE, passando pela valorização de carros populares com motores pequenos e flexíveis, até os programas Inovar-Auto e Rota 2030, observa-se uma coerência na preferência por motorização compacta e por combustíveis alternativos. Assim, no contexto atual, a eletrificação nunca figurou como única via possível; ao contrário, o repertório de alternativas tecnológicas e políticas tem sido constantemente moldado pelas especificidades institucionais, econômicas e sociais do país.

Por fim, neste capítulo, evidencio que tanto a ação quanto a inação do Estado têm sido determinantes nos rumos das políticas industriais voltadas à mobilidade. Em um cenário global de transição energética, compreender esse papel é fundamental não apenas para interpretar o presente, mas também para projetar os possíveis futuros da indústria automotiva brasileira.

Referências

ALISSON, Elton (2016). Proálcool: uma das maiores realizações do Brasil baseadas em ciência e tecnologia. *Agência FAPESP.* Disponível em: https://agencia.fapesp.br/proalcool-uma-das-maiores-realizacoes-do-brasil-baseadas-em-ciencia-e-tecnologia/24432/. Acesso em: 31 jan. 2023.

ALVES, Raoni; MATOSO, Filipe (2018). Ministério da Economia unificará Fazenda, Planejamento e Indústria, diz Paulo Guedes. *G1*. Disponível em: https://g1.globo.com/politica/noticia/2018/10/30/ministerio-da-economia-unificara-fazenda-planejamento-e-industria-diz-paulo-guedes.ghtml. Acesso em: 19 maio 2025.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA (2024). *Anuário da indústria automobilística brasileira* – Brazilian automotive industry yeark book. São Paulo: ANFAVEA. (Anuários). Disponível em: https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2024/04/ANFAVEA-ANUARIO-DIGITAL-2024_compressed.pdf. Acesso em: 14 jun. 2024.

ANFAVEA (2021a). *Estudo ANFAVEA – BCG aponta cenários e desafios do Brasil no caminho da descarbonização do setor automotivo*. São Paulo: ANFAVEA.

ANFAVEA (2021b). *Linha do Tempo 1898-2021*. Disponível em: https://www.anfavea.com.br/linha-do-tempo. Acesso em: 28 jan. 2021.

ANFAVEA (2023). *O que é o PROCONVE?* Disponível em: https://anfavea.com.br/site/o-que-e-o-proconve/. Acesso em: 28 jul. 2023.

ANFAVEA (2022a). *O que é o programa Rota 2030?* Disponível em: https://anfavea.com.br/site/rota-2030/. Acesso em: 3 abr. 2025.

ANFAVEA (2022b). O que foi o Proálcool? Disponível em: https://anfavea.com.br/site/o-que-foi-o-proalcool/. Acesso em: 28 jul. 2023.

ANFAVEA (2021c). *Sociedade civil cria movimento para estimular Mobilidade Sustentável de Baixo Carbono no Brasil.* Disponível em: https://www.anfavea.com.br/docs/Release%20MSBC.pdf. Acesso em: 19 maio 2025.

AUTOMOTIVE BUSINESS (2019). *Etanol pode perder vantagem ambiental na nova legislação de emissões*. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/etanol-pode-perder-vantagem-ambiental-na-nova-legislacao-de-emissoes. Acesso em: 19 maio 2025.

AUTOMOTIVE BUSINESS (2020a). *Anfavea quer adiar investimentos de R$ 12 bilhões para reduzir emissões*. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/anfavea-quer-adiar-investimentos-de-r-12-bilhoes-para-reduzir-emissoes. Acesso em: 19 maio 2025.

AUTOMOTIVE BUSINESS (2020b). *Governo brasileiro tentará aproximação com Tesla*. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/governo-brasileiro-tentara-aproximacao-com-tesla. Acesso em: 19 maio 2025.

AUTOMOTIVE BUSINESS (2020c). *Ministério Público pressiona governo para manter cronograma do Proconve.* Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/ministerio-publico-pressiona-governo-para-manter-cronograma-do-proconve. Acesso em: 19 maio 2025.

AUTOMOTIVE BUSINESS (2021). *Mercosul vira discórdia entre governo e montadoras.* Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/mercosul-vira-discordia-entre-governo-e-montadoras. Acesso em: 30 ago. 2025.

AUTOMOTIVE BUSINESS (2013). *Toyota entrega proposta para produzir híbrido*. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/toyota-entrega-proposta-para-produzir-hibrido. Acesso em: 13 maio 2025.

AUTOMOTIVE BUSINESS (2020d). *Para o governo, a expectativa para 2021 é das melhores possíveis.* Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/para-o-governo-a-expectativa-para-2021-e-das-melhores-possiveis. Acesso em: 19 maio 2025.

AUTOMOTIVE BUSINESS (2020e). *Projeto de lei proíbe venda de veículos a diesel ou gasolina no País em 2030*. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/projeto-de-lei-proibe-venda-de-veiculos-a-diesel-ou-gasolina-no-pais-em-2030. Acesso em: 19 maio 2025.

BITU, Felipe (2021). Gurgel Itaipu E400: a história do primeiro carro elétrico brasileiro. *Quatro Rodas*. Disponível em: https://quatrorodas.abril.com.br/carros-eletricos/gurgel-itaipu-e400-a-historia-do-primeiro-carro-eletrico-brasileiro/. Acesso em: 19 mar. 2025.

CÂMARA DE COMÉRCIO EXTERIOR – CAMEX (2014). Resolução n. 86. *Diário Oficial da União*, Brasília, 18 set., p. 20-21.

CAMEX (2015). Resolução n. 97. *Diário Oficial da União*, Brasília, 27 out. Presidência da República, p. 1-3.

CARDAMONE, Paulo (2020). Eficiência energética e emissões: benefícios do Rota 2030 e riscos do Proconve. *AUTOINDÚSTRIA*. Disponível em: https://www.autoindustria.com.br/2020/02/06/eficiencia-energetica-e-emissoes-beneficios-do-rota-2030-e-riscos-do-proconve/. Acesso em: 19 maio 2025.

CARDAMONE, Paulo (2022). Por que as metas do Rota 2030 ficarão mais difíceis de serem atingidas? *Automotive Business*. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/por-que-as-metas-do-rota-2030-ficarao-mais-dificeis-de-serem-atingidas-2. Acesso em: 19 maio 2025.

CELESTINO, Marcus (2023). Rota 2030: nova fase usará metodologia do poço à roda e dará maior incentivo à pesquisa e desenvolvimento. *Automotive Business*. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/rota-2030-nova-fase-usara-metodologia-do-poco-a-roda-e-dara-maior-incentivo-a-pesquisa-e-desenvolvimento. São Paulo Acesso em: 19 maio 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2018). *Resolução n. 492*, de 20 de dezembro de 2018. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=765. Acesso em: 19 maio 2025.

CONDUZINDO O FUTURO DA ELETRIFICAÇÃO NO BRASIL (2023). Brasília. (8:57:05). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=dlIrjKYWfok. Acesso em: 21 jun. 2024.

CONSONI, Flávia L. *et al* (2019). *Roadmap tecnológico para veículos elétricos leves no Brasil.* Brasília: PROMOB-e. Roadmap. Disponível em: https://www.pnme.org.br/wp-content/uploads/2020/02/PROMOB-e-Relatorio_julho_2019.pdf. Acesso em: 25 jun. 2024.

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

FLIGSTEIN, Neil (2001). Mercado como política: uma abordagem político-cultural das instituições de mercado. *Contemporaneidade e Educação,* v. 1º sem, n. 9, p. 26-55.

GAZETA DO POVO (2024). Bolsonaro e líderes conservadores e de direita elogiam Musk após decisão de contrariar Moraes. Disponível em: https://www.gazetadopovo.com.br/republica/bolsonaro-parlamentares-direita-conservadores-elon-musk/. Acesso em: 19 maio 2025.

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL (2012). Poder Executivo. *INOVAR AUTO.* 17 set. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/Lei/L12715.htm. Acesso em: 13 maio 2025.

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL (2015). *Aprovação do Acordo de Paris.* Brasília. Institucional. Disponível em: https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/aprovacao-do-acordo-de-paris. Acesso em: 19 maio 2025.

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL (2018). Poder Executivo. *Rota 2030*. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13755.htm. Acesso em: 16 fev. 2025.

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL (2023). Poder Executivo. *Programa Mobilidade Verde e Inovação (MOVER).* 30 dez. Disponível em: https://

www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/mpv/mpv1205.htm. Acesso em: 20 maio 2025.

GRUPO DE ACOMPANHAMENTO DO PROGRAMA INOVAR-AUTO (2019). *Avaliação de impacto do Programa Inovar-Auto*. Brasília: MDIC. Relatório de avaliação. Disponível em: https://www.gov.br/mdic/pt-br/images/REPOSITORIO/sdci/InovarAuto/Avaliacaoa_dea_Impactoa_-a_Inovar-Auto.pdf. Acesso em: 19 maio 2025.

IEA (2023). *Global EV Outlook 2023 Catching up with climate ambitions*. Paris: International Energy Agency (IEA). Disponível em: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023#. Acesso em: 7 nov. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (org.) (2023). Transport. *In*: *Climate Change 2022 - Mitigation of Climate Change*. 1. ed., Cambridge University Press, p. 1049-1160. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9781009157926%23c10/type/book_part. Acesso em: 17 nov. 2024.

IZO, Alexandre (2019). *Toyota Corolla híbrido flex será fabricado em São Paulo e chega esse ano.* 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.

LEE, Juhohn; JACOBSON, Lindsey (2023). Why the U.S. gave up on public transit. 25 jul. *CNBC*. Disponível em: https://www.cnbc.com/video/2023/07/25/why-the-us-gave-up-on-public-transit.html. Acesso em: 30 ago. 2025.

LEITE, Márcio de Lima (2023). Se o nome do jogo é "reindustrialização", seu sobrenome é "descarbonização". *In*: ANFAVEA. *Anuário da indústria automobilística brasileira – Brazilian automotive industry yeark book*. São Paulo: ANFAVEA (Anuários). p. 12-15. Disponível em: https://anfavea.com.br/site/wp-content/uploads/2023/04/ANUARIO-ANFAVEA-2023.pdf. Acesso em: 14 jun. 2024.

MACHADO, Ana Paula (2023a). *Governo cria programa Mover, segundo ciclo do Rota 2030.* São Paulo. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/governo-cria-programa-mover-segundo-ciclo-do-rota-2030. Acesso em: 20 maio 2025.

MACHADO, Ana Paula (2023b). *Imposto de Importação para carro eletrificado volta em 2024.* São Paulo. Disponível em: https://www.automotive-

business.com.br/noticias/imposto-de-importacao-para-carro-eletrificado--volta-em-2024. Acesso em: 20 maio 2025.

MATSUBARA, Vitor (2022). Toyota exporta tecnologia híbrida flex em projeto-piloto na Índia. *Automotive Business*. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/pt/posts/mobility-now/toyota-exporta-tecnologia-hibrida-flex-em-projeto-piloto-na-india/. Acesso em: 19 maio 2025.

MCGREAL, Chris (2021). How a Powerful US Lobby Group Helps Big Oil to Block Climate Action. 21 jul. *The Nation.* Disponível em: https://www.thenation.com/article/environment/oil-lobby-climate-action/. Acesso em: 30 ago. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2021). *MME participa da assinatura do Protocolo de Mobilidade Sustentável de Baixo Carbono no contexto do Programa Combustível do Futuro.* Brasília. Institucional. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-participa-da-assinatura-do-protocolo-de-mobilidade-sustentavel-de-baixo-carbono-no--contexto-do-programa-combustivel-do-futuro. Acesso em: 19 maio 2025.

MIOTTO, Rafael (2016). *Venda de veículos cai 26,55% em 2015, o 3º ano seguido de baixa.* Disponível em: https://g1.globo.com/carros/noticia/2016/01/venda-de-veiculos-cai-2655-em-2015-o-3-ano-seguindo-de--baixa.html. Acesso em: 19 maio 2025.

MIRAGAYA, Fernando (2023a). *"Praticamente pronto", Rota 2030 deve ser concluído na última semana de setembro.* Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/praticamente-pronto-rota-2030-deve-ser--concluido-na-ultima-semana-de-setembro. Acesso em: 20 maio 2025.

MIRAGAYA, Fernando (2023b). *Segundo ciclo do Rota 2030 pronto para sair do forno.* Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/segundo-ciclo-do-rota-2030-pronto-para-sair-do-forno. Acesso em: 20 maio 2025.

MOM, Gijs (2013). *The electric vehicle:* technology and expectations in the automobile age. 1. ed. Baltimore, Md: Johns Hopkins University Press.

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

NERY, Emily (2021). Carros elétricos e híbridos terão menos de 10% das vendas no Brasil até 2030. *Estadão,* São Paulo, 12 jul. Jornal do Carro. Disponível em: https://www.estadao.com.br/jornal-do-carro/carros-eletricos-

-e-hibridos-terao-menos-de-10-das-vendas-no-brasil-ate-2030/. Acesso em: 19 maio 2025.

NOGUEIRA, Ciro (2017). Poder Legislativo. *Política de substituição dos automóveis movidos a combustíveis fósseis*. ago.

OICA (2025a). *REGISTRATIONS OR SALES OF NEW VEHICLES – ALL TYPES.* OICA, Disponível em: https://www.oica.net/wp-content/uploads/By-country-region-2024.pdf. Acesso em: 25 abr. 2025.

OICA (2025b). *WORLD MOTOR VEHICLE PRODUCTION BY COUNTRY/REGION AND TYPE.* OICA. Disponível em: https://www.oica.net/wp-content/uploads/By-country-region-2024.pdf. Acesso em: 25 abr. 2025.

OLIVEIRA, Bruno de (2022). Montadoras vão à COP27 para exportar mais veículos made in Brazil. *Automotive Business*. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/pt/posts/setor-automotivo/montadoras-vao-a-cop-27-para-exportar-mais-veiculos-made-in-brazil/. Acesso em: 19 maio 2025.

OLIVEIRA, Bruno de (2023a). *Governo Federal decreta volta do Ministério da Indústria.* Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/governo-federal-decreta-volta-do-ministerio-da-industria. Acesso em: 19 maio 2025.

OLIVEIRA, Bruno de (2023b). Por produção local, montadoras negociam limite às importações de elétricos. Automotive Business. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/por-producao-local-montadoras-negociam-limite-as-importacoes-de-eletricos. Acesso em: 19 maio 2025.

OLIVEIRA, Bruno de (2023c). Regras da segunda fase do Rota 2030 podem ficar prontas em julho. *Automotive Business*. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/regras-da-segunda-fase-do-rota-2030-podem-ficar-prontas-em-julho. Acesso em: 19 maio 2025.

PAINEL "Mobilidade sustentável de baixo carbono e logística" – COP26 (2021). 1 vídeo (41 min 08 s). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=bWIcKG72vLk. Acesso em: 19 maio 2025.

POLESI, Alexandre (2023). Novo GT-7 prepara Plano de Eletromobilidade. *ABVE*. 5 jul. Disponível em: https://abve.org.br/novo-gt-7-prepara-plano-de-eletromobilidade/. Acesso em: 19 maio 2025.

RIATO, Giovanna (2022a). Governo diz que não produz carros e estende as mãos às montadoras. *Automotive Business*. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/governo-diz-que-nao-produz-carros--e-estende-as-maos-as-montadoras. Acesso em: 19 maio 2025.

RIATO, Giovanna (2022b). Nova meta do Rota 2030 levará em conta emissões de CO_2 do poço à roda. *Automotive Business*. Disponível em: https://www.automotivebusiness.com.br/noticias/nova-meta-do-rota-2030-leva-ra-em-conta-emissoes-de-co2-do-poco-a-roda. Acesso em: 19 maio 2025.

RITCHIE, Hannah (2020). Cars, planes, trains: where do CO_2 emissions from transport come from? *Our World in Data*. Disponível em: https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport. Acesso em: 19 mar. 2025.

SHAPIRO, Helen (1994). *Engines of Growth:* The State and Transnational Auto Companies in Brazil. Nova Iorque: Cambridge University Press.

SIMÕES, Nataly (2022). Vendas de veículos elétricos e híbridos atingem recorde em setembro. Disponível em: https://legacy.automotivebusiness.com.br/pt/posts/setor-automotivo/vendas-veiculos-eletricos-hibridos-recorde-setembro. Acesso em: 19 maio 2025.

SINAL DE FUMAÇA (2021). Governo JB: menos 30 anos em 3 (2019-2021). *Sinal de fumaça.* Disponível em: https://www.sinaldefumaca.com/wp-content/uploads/2021/10/sdf-relatorio-pt-final-30em3.pdf. Acesso em: 19 maio 2025.

VAZZOLÉR, Luiz Fernando Rigacci; BONACELLI, Maria Beatriz Machado (2014). Geração e Uso de Etanol Combustível: oportunidades e limites da tecnologia flex fuel. *Revista Gestão & Conexões*, v. 3, n. 2, p. 111-133.

ZIPPER, David (2023). EVs Are Sending Toxic Tire Particles Into the Water, Soil, and Air. *THE ATLANTIC*. 19 jul. Disponível em: https://www.theatlantic.com/technology/archive/2023/07/electric-vehicles-tires-wearing-out-particulates/674750/. Acesso em: 13 maio 2025.

PARTE 3

REARRANJO DOS EMPREGOS E RESPOSTAS DOS SINDICATOS ÀS TRANSFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS

O SETOR AUTOMOTIVO ITALIANO ENTRE REESTRUTURAÇÃO E TRANSIÇÃO PARA O CARRO ELÉTRICO: os impactos industriais e ocupacionais[1]

Davide Bubbico

Introdução

Nos últimos três anos, a indústria automotiva italiana — assim como a europeia — tem enfrentado uma conjuntura adversa em sua dimensão produtiva e ocupacional. Essa situação decorre não apenas dos efeitos da pandemia de covid-19 e do recente conflito russo-ucraniano, mas também de problemas preexistentes, como a escassez de semicondutores e outros componentes, além do enfraquecimento geral do mercado automobilístico. O declínio vem se acentuando ao longo dos anos, influenciado pelas condições da economia nacional e agravado pela decisão da União Europeia de proibir a venda de veículos com motor a combustão interna até 2035. Embora essa medida afete todos os países da União Europeia — em especial os fabricantes europeus — ela também terá repercussões significativas sobre as OEMs (*Original Equipment Manufacturers*) de fora da Europa que produzem para o mercado europeu.

1. Uma versão anterior deste texto foi publicada em 2022 com o título "A indústria automotiva italiana entre problemas do setor e transição para o carro elétrico". O texto menciona "Stellantis e as recaídas produtivas e ocupacionais" (trad. nossa do título), que foi publicado no volume Osservatorio sulle trasformazioni dell'ecosistema automotive italiano 2022, organizado por G. G. Calabrese, G. Calabrese, A. Moretti e F. Zirpoli para Edizioni Ca' Foscari de Veneza. O presente texto é uma versão atualizada e revisada à luz dos eventos mais recentes que envolveram o grupo Stellantis na Itália. Esta contribuição é também resultado do trabalho de pesquisa realizado no âmbito do PRIN (Progetto di Ricerca di Interesse Nazionale) Project 2022E4C3YK – Labour in transition: job-skills development and firm innovation competencies, financiado pelo Ministério da Universidade e da Pesquisa [Ministero dall'università e della Ricerca] (Itália).

No caso da Itália, considerando que o cenário anterior já não era muito favorável à produção do antigo grupo FIAT[2], o conjunto de fatores recentes exerceu pressão adicional sobre todo o sistema produtivo automobilístico. Esse impacto foi particularmente intenso sobre a indústria de componentes voltada à demanda interna. De modo semelhante, o surgimento da Stellantis (em janeiro de 2021) e a reconfiguração societária do antigo grupo FCA (FIAT Chrysler Automobiles) — tanto no preenchimento dos cargos de liderança[3], quanto no aumento do peso do sócio francês em relação ao italiano, sem ignorar a influência da participação estadunidense —, têm contribuído para redesenhar o perfil do principal grupo automotivo no país. Essa transformação se expressa tanto nas decisões de investimento quanto na redefinição das relações com os fornecedores tradicionais italianos e estrangeiros instalados na Itália, que passaram a desempenhar um papel cada vez mais relevante na cadeia de suprimentos, com repercussões diretas sobre a geração de valor e os níveis de emprego locais.

Além disso, observam-se mudanças significativas na própria estrutura de gestão, especialmente nas relações entre Turim e Paris, o que evidencia o risco de uma progressiva marginalização dos *Enti Centrali*[4] de Turim, em razão do deslocamento das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para a França, Estados Unidos e, igualmente, para a Alemanha, em virtude da integração da Opel ao grupo.

Fica bastante evidente, mesmo diante do Plano Estratégico *Dare Forward 2030*, que a decisão de focar, na Itália, a produção nos segmentos de alto padrão — buscando ampliar de forma significativa, em comparação ao passado, as margens de receita e rentabilidade — tende a provocar um redimensionamento ainda mais acentuado dos volumes de produção atribuídos a cada planta, tanto na Itália quanto na França. O caso de Melfi, no sul da Itália, como será analisado adiante, revela-se particularmente emblemático desse processo.

2. N.R.T.: A adjetivação de "antigo" para o Grupo FIAT ou FCA refere-se à estrutura corporativa da FIAT antes da fusão com a francesa PSA, em janeiro de 2021, que deu origem à Stellantis e demarca novidades em termos de gestão, acionistas e estratégia empresarial.

3. Pelo menos até 18 de julho de 2025, quando a assembleia extraordinária da Stellantis aprovou a nomeação do novo CEO, o italiano Antonio Filosa, que substituiu o demissionário Carlos Tavares, anteriormente *Chief Operating Officer* das Américas e *Chief Quality Officer*.

4. N.R.: Conjunto de centros administrativos, técnicos, de P&D e de coordenação estratégica da empresa, historicamente concentrados em Turim.

A transição para o carro elétrico provocou, como era de se prever, um intenso debate sobre os riscos para o emprego. Esses riscos não se restringem ao segmento de componentes mais diretamente vinculado ao *powertrain*, mas também alcançam as próprias montadoras, cujas necessidades de mão de obra tendem a se reduzir[5]. Nesse sentido, é importante salientar que a perda de empregos atualmente observada na Itália, nas empresas de montagem final decorre, sobretudo, da queda dos volumes de produção e da ampla adesão a programas de demissão voluntária. Desde 2021, mais de 10 mil funcionários deixaram o setor, apesar da reinternalização de algumas atividades anteriormente terceirizadas[6].

As novas estratégias organizacionais da Stellantis em suas unidades fabris têm promovido uma profunda revisão da política de terceirização, especialmente nas áreas de sequenciamento e logística. Desde 2022, observa-se um movimento de desterceirização, com impactos sobre o emprego indireto, como demonstram os casos das plantas de Cassino e Melfi. Paralelamente, o abandono do *World Class Manufacturing* (WCM)[7] contribuiu para redefinir a organização do trabalho e as práticas de controle de qualidade, resultando em uma redução significativa dos trabalhadores indiretos da produção.

Essas mudanças refletem uma inflexão no modelo de gestão: o retorno a uma lógica mais industrial e produtiva, em contraste com a orientação financeira predominante sob a liderança de Sergio Marchionne[8]. Trata-se, portanto, de uma reestruturação que redefine a lógica organizacional e do trabalho nas fábricas do grupo.

O último aspecto crítico, mas não menos relevante, diz respeito ao setor de componentes, especialmente aos fornecedores de primeiro nível — principalmente aqueles localizados no sul da Itália — que mantêm, em muitos casos,

5. Um estudo encomendado pelo sindicato dos metalúrgicos UILM (*Unione Italiana Lavoratori Metalmeccanici*) aponta que o setor automotivo italiano deverá sofrer uma drástica redução dos níveis de emprego nos próximos anos (Està, 2022).

6. N.R.T.: No caso, a reinternalização/desterceirização (*insourcing*) refere-se à retomada, pela montadora, de atividades antes terceirizadas, sem que isso implique automaticamente a contratação direta dos trabalhadores que antes realizavam essas funções por meio de empresas externas.

7. Nas plantas italianas da Stellantis, os funcionários responsáveis pelo controle de qualidade foram significativamente reduzidos e, em grande parte, realocados para funções nas linhas de montagem ou áreas de preparação. O mesmo ocorreu com os funcionários encarregados da gestão do WCM (*World Class Manufacturing*).

8. N.R.T.: Sergio Marchionne (1952-2018) foi o executivo ítalo-canadense responsável pela reestruturação da Fiat a partir de 2004. Sob sua liderança, a empresa incorporou a Chrysler em 2009, dando origem à Fiat Chrysler Automobiles (FCA).

relações de exclusividade com as montadoras da Stellantis. Esses fornecedores têm sido os mais afetados pelo uso intensivo de benefícios de seguridade social, em razão das oscilações nas produções das empresas de montagem final.

Isso ocorre de maneira distinta do que se observa em outras empresas de componentes, tradicionalmente menos dependentes de fornecimentos ao antigo grupo FIAT, caracterizadas por uma clientela e um portfólio de produtos mais diversificados, além de uma presença significativa no mercado externo por meio de exportações. Nesse contexto, a retração do volume de produção na Alemanha[9], por exemplo, já começa a repercutir nas atividades de fornecedores italianos localizados no norte da Itália.

Ao mesmo tempo, a tendência de crescimento dos investimentos no Norte da África tem levado a Stellantis a convidar explicitamente seus fornecedores italianos tradicionais a se instalarem nessa região, como forma de assegurar a manutenção de contratos atuais e futuros.

Adicionalmente, a suposição de que a Europa Oriental estaria excluída dos investimentos voltados à produção de veículos elétricos — concentrando-se esses investimentos apenas na Europa Ocidental por parte das OEMs e fabricantes de componentes — não se confirma na prática. Pelo contrário, uma série de fatores tem impulsionado a competitividade dos países da região: menores restrições trabalhistas e regulatórias, maior flexibilidade nos regimes de jornada, além da presença de uma mão de obra mais jovem e qualificada em áreas técnicas e de engenharia.

Outro elemento determinante é o menor custo do trabalho, que continua a representar uma vantagem significativa em comparação com os países da Europa Ocidental.

Principais tendências do setor automotivo italiano

Nos últimos anos, tem-se afirmado com frequência que a Itália ainda representa a segunda maior economia manufatureira do continente europeu. Embora este dado seja verdadeiro em termos do número dos emprega-

9. No contexto da transição para veículos elétricos, a indústria automobilística alemã também enfrenta um significativo redimensionamento produtivo, com impactos diretos sobre a ocupação (Strötzel e Brunkhorst, 2019). Entre 2014 e 2024, houve queda de 5,6 milhões para 4 milhões de carros produzidos na Alemanha, indicando uma redução de quase 30% no volume anual. Para os valores referentes à França, ver o estudo de *Syndex* de junho de 2021. Para dados sobre os dois países e sobre o caso italiano, ver também Bubbico e Moro (2025).

dos e da participação da produção industrial no PIB — ao menos quando comparada aos países da Europa Ocidental[10] — observa-se uma mudança geográfica significativa na estrutura produtiva do continente. A produção industrial europeia vem se deslocando progressivamente em direção aos países da Europa Centro-Oriental, que hoje concentram quase um terço dos empregos do setor manufatureiro da UE27 — mais de 9 milhões de trabalhadores, em um total de 30 milhões.

Segundo dados do serviço estatístico oficial da União Europeia (Eurostat)[11] para 2020, o valor econômico da produção manufatureira representava 16,3% do PIB da UE27, com destaque para a Alemanha (20,1%), Itália (16,4%), Espanha (12,1%), França (10,5%) e Grã-Bretanha (8,6%). Já entre os países da Europa Centro-Oriental, observa-se um crescimento expressivo dessa participação, impulsionado sobretudo pelo aumento dos Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs). Em diversos casos, essa participação é expressiva: 16,5% na Polônia e na Romênia, 17,5% na Hungria e na Eslováquia, e até 22% na Tchéquia.[12]

De acordo com dados do Eurostat, o emprego no setor manufatureiro italiano diminuiu em cerca de 130 mil trabalhadores entre 2012 e 2020, passando de pouco mais de 4 milhões para 3,9 milhões. Apesar dessa retração, a Itália mantém a segunda posição no continente, atrás da Alemanha, que, no mesmo período, ampliou seu contingente de trabalhadores industriais de 7,4 para 7,6 milhões.

Paralelamente, nos países da Europa Centro-Oriental, o número total de empregos industriais aumentou de aproximadamente 8,5 para 9,1 milhões, com destaque para o caso da Polônia, que já ocupa a terceira posição europeia em número de empregados na indústria: entre 2012 e 2020, o contingente passou de 2,9 para cerca de 3,3 milhões[13].

Esses dados, embora não constituam novidade, ilustram o crescimento contínuo dos Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs) e a transferência

10. Dito isso, entre 2001 e 2019, a participação do valor da produção industrial no PIB da Itália reduziu-se significativamente, passando de 19% para 16,6% (ISTAT, *Principali aggregati annuali di Contabilità Nazionale*, cf. http://dati.istat.it/index.aspx?queryid=12006).

11. N. R. T: cf. https://ec.europa.eu/eurostat.

12. Para esses dados, cf. World Bank national accounts data e OECD National Accounts data files.

13. Esse país passou a enfrentar dificuldades na contratação de mão de obra industrial, levando alguns investidores a buscar alternativas na vizinha Ucrânia, pelo menos até pouco antes do início do conflito local, paralelamente ao aumento da presença de trabalhadores estrangeiros.

cada vez mais frequente de capacidades produtivas para países do antigo bloco socialista. Trata-se, em grande parte, de investimentos de origem alemã[14], especialmente no setor automotivo, um dos principais motores desse processo[15]. Os fechamentos de fábricas italianas de componentes, como o caso emblemático da GKN[16], cuja produção foi transferida para o Leste Europeu, evidenciam esta tendência. Fenômeno semelhante também se observa em outros ramos industriais, como o setor de eletrodomésticos.

A indústria automotiva italiana, composta pelo antigo grupo FIAT e pelas empresas de componentes[17], não é exceção. É na Polônia que o antigo grupo FIAT concentra hoje suas principais fábricas de automóveis e motores na Europa, localizadas em Tichy e Bielsko-Biala. A essas unidades soma-se, desde o início de 2022, a planta instalada na Zona Econômica Especial de Gliwice[18], que, entre outros modelos, compartilha a produção do Ducato com a planta da Sevel, situada em Abruzzo, na Itália.

Os Investimentos Diretos Estrangeiros (IDEs) nos países da Europa Centro-Oriental — e, em paralelo, na China — têm atraído, ao longo dos últimos anos, um número crescente de empresas italianas de componentes,

14. Segundo Duval (2013), a cadeia de valor da indústria automobilística alemã está profundamente entrelaçada com produções localizadas no Leste Europeu, além de se abastecer dos tradicionais suprimentos provenientes da Itália.

15. Em 2019, antes da pandemia, aproximadamente 16 milhões de carros foram produzidos na Europa, e cerca de um quarto desse total saiu de plantas localizadas no Leste Europeu, segundo ACEA (2020). Para entender os padrões e implicações dos investimentos estrangeiros na Europa Centro-Oriental, recomenda-se consultar Pavlínek *et al*. (2017).

16. Em 2021, esta empresa com planta na Toscana, anteriormente pertencente a uma multinacional britânica e, posteriormente, ao fundo inglês Melrose, foi fechada, apesar da estável situação financeira e produtiva, para transferir a produção de eixos e componentes automotivos para o Leste Europeu. O fechamento desencadeou uma longa disputa envolvendo cerca de 500 trabalhadores, contrários ao fechamento da fábrica, que passaram a propor a reconversão do sítio industrial — iniciativa que simbolizou a crise do setor industrial italiano. Para um relato detalhado dessa luta sindical e industrial, confira Salvetti e Scannarello (2024).

17. O setor automotivo italiano é formado por 2.142 empresas entre subfornecedores, especialistas, engenharia e design, sistemistas e construtoras modulares, que em 2023 geraram um faturamento de quase 56 bilhões de euros e empregaram cerca de 167 mil pessoas, principalmente no norte do país e entre exportadoras (Calabrese e Perez Almansi, 2025). Atualmente, graças à integração com a eletrônica e à infraestrutura de recarga, o número de empresas e funcionários é estimado em 2.300 empresas e 270 mil empregados, refletindo a ampliação da cadeia industrial italiana.

18. A planta, construída com mais de 300 milhões de euros em investimentos, utiliza automação de última geração e tem capacidade para produzir 100 mil veículos comerciais leves. Atualmente, o desempenho dessa fábrica impacta negativamente a produção da SEVEL em Abruzzo. Ela reduziu sua capacidade de 300 mil para pouco mais de 200 mil veículos. Isso ocorreu como resultado do fechamento de uma de suas instalações de pintura e da diminuição do número de turnos semanais de 20 para 15.

especialmente aquelas de maior porte. Essas empresas buscam não apenas mercados de menor custo e valor agregado, mas também o abastecimento da demanda local de componentes para as operações da Stellantis na Polônia, muitas vezes em detrimento de outros OEMs.

Simultaneamente, diversas empresas italianas do setor de componentes automotivos foram adquiridas por grupos estrangeiros, sobretudo alemães e norte-americanos, o que tem contribuído para o enfraquecimento da presença do capital italiano no segmento[19].

As consequências desse processo já são perceptíveis: várias plantas italianas têm se convertido em filiais de multinacionais estrangeiras, ficando, assim, sujeitas à marginalização ou mesmo à exclusão dos investimentos necessários à transição para o carro elétrico.

Alguns exemplos ilustram esse cenário: enquanto a Bosch investe pesadamente em hidrogênio e eletrificação fora da Itália, a fábrica de Bari permanece sem uma estratégia clara de reconversão. De modo semelhante, na Magneti Marelli, investimentos antes previstos para a Itália — relacionados à produção do motor elétrico da Porsche — foram transferidos para uma unidade da empresa na Alemanha (FIOM CGIL, 2022).[20]

As vicissitudes societárias e financeiras que afetaram o grupo FIAT a partir de 2003 ilustram dois movimentos centrais. De um lado, a gestão de Marchionne evitou a falência da empresa ao firmar acordos com a General Motors em 2003 e, posteriormente, ao conduzir a fusão com a Chrysler em 2011. De outro, implementou-se uma estratégia de redimensionamento contínuo da capacidade produtiva, que se traduziu em uma redução do número de veículos fabricados na Itália.

19. Em 2019, havia 133 empresas sob controle estrangeiro na Itália atuando na fabricação de veículos automotivos (incluindo componentes), empregando cerca de 42 mil pessoas. Embora representem apenas 5,8% do total das empresas do setor, estas multinacionais concentram 25,7% dos postos de trabalho, devido ao peso das firmas de médio e grande porte. Considerando todo o setor manufatureiro, as multinacionais estrangeiras respondem por 32,1% das exportações italianas e 50,7% das importações. Uma parcela significativa deste fluxo ocorre via trocas intragrupo: 39,3% das exportações e 58,8% das importações dessas multinacionais são realizadas internamente entre empresas do mesmo grupo, segundo o ISTAT (Instituto Nacional de Estatística da Itália) (2021).

20. No final de janeiro de 2021, a Bosch declarou haver um excedente de 700 trabalhadores na unidade de Bari, de um total de 1.700 então empregados. O caso da Puglia, que compartilha com Campânia e Abruzzo a maior presença de empresas de componentes do sul da Itália, exemplifica esses processos, pois todas as empresas relevantes do setor pertencem atualmente ao capital estrangeiro (ARTI, 2020).

Tal resultado, em parte previsível diante do baixo nível de investimentos realizados pela propriedade, refletia o objetivo de proteger prioritariamente os interesses da *holding* da família Agnelli (Exor). Após a morte de Marchionne, em 2018, a fusão com a PSA — considerada mais uma aquisição da FCA pelo grupo francês — reforçou o caráter "predatório" da operação, já que as mais-valias geradas foram distribuídas aos acionistas, em vez de reinvestidas na própria produção.

Em consequência, houve uma posterior diminuição da participação acionária italiana, intensificada pelos efeitos negativos do colapso econômico e da crise de covid-19. Este percurso evidencia o progressivo afastamento do grupo FIAT das estratégias de investimento produtivo nacional, em favor da valorização das participações financeiras e do controle acionário. A gestão societária e financeira da FIAT a partir de 2003 passou por profundas transformações. De um lado, Marchionne evitou a falência ao negociar com a GM e, depois, ao alinhar uma fusão estratégica com a Chrysler em 2011, enquanto simultaneamente promovia o redimensionamento progressivo da capacidade produtiva, entendida como o número total de carros produzidos na Itália. Estava-se diante de um resultado em parte esperado devido ao baixo patamar de investimentos mantido pela própria família proprietária, os Agnelli (Exor[21]).

Esse cenário visava principalmente proteger os interesses da *Holding*. Com a fusão com a PSA após 2018 (vista por muitos como aquisição do grupo italiano pelo francês), confirmou-se a natureza predatória do processo. Os ganhos da operação foram distribuídos aos acionistas em vez de reinvestidos. Posteriormente, houve redução da participação acionária, agravada pela crise econômica provocada pela covid-19.

O desengajamento industrial do grupo FIAT/Exor, acentuado nos anos recentes, levou à transferência de investimentos para outros setores, como seguros (PartnerRe[22]). Isso impediu a realização de aportes necessários para relançar a FCA, especialmente em P&D, cuja incidência permaneceu abaixo de 4% do faturamento. A baixa inovação em produtos, agravada pela redução da demanda de mão de obra pelas automações, resultou em queda constante na ocupação: de menos de 50 mil trabalhadores em 2019 para 38.660 em 2024 nas plantas italianas da Stellantis — representando apenas

21. N.R.T.: A Exor é uma empresa de investimentos controlada pela família Agnelli.

22. N.R.T.: uma das maiores resseguradoras globais, que já foi subsidiária da Exor.

16% do total do grupo, contra 20% nos EUA e 16% na França, além de queda também no Brasil.

A baixa inovação em produtos, agravada pela redução da demanda de mão de obra pela automação, resultou em queda na ocupação, especialmente notável nas unidades de estampagem, funilaria e pintura. Se a força de trabalho do antigo grupo FCA na Itália já havia caído para menos de 50 mil funcionários[23] em 2019, ao final de 2024, o número de empregos da Stellantis no país reduziu-se ainda mais, atingindo 38.660 trabalhadores — o equivalente a 16% da força de trabalho total do grupo[24] —, frente a 39.797 na França (16%), 50.051 nos Estados Unidos (20%) e 22.394 no Brasil (11%).

A acentuada queda no número de empregados, explicada por diferentes fatores (como a ausência de rotatividade), manteve-se nos anos mais recentes devido aos incentivos às demissões voluntárias[25] e, apenas de forma parcial, aos acordos relacionados à utilização dos contratos de expansão[26]. Desde 2021, tais incentivos resultaram na saída de 12.000 funcionários. Importante ressaltar que o benefício das demissões voluntárias não se restringiu aos trabalhadores mais velhos — parcela numerosa, frequentemente com limitações —, mas abrangeu todos os segmentos da força de trabalho. Assim, por exemplo, em Melfi, também foram afetados funcionários mais jovens, contratados em 2015[27], geralmente com menos de 30 anos e, em muitos

23. Parte significativa da redução no número de funcionários do grupo FCA pode ser atribuída à cisão da Ferrari, que resultou na saída de cerca de 3 mil empregados. Segundo o balanço de sustentabilidade da FCA-Stellantis para 2020, a Itália contabilizava aproximadamente 47 mil funcionários do total de 190 mil do grupo (excluindo a PSA). Isso representa 24,6% do quadro global — proporção bem inferior aos 34,4% de empregados da empresa nos Estados Unidos (FCA-Stellantis 2021).

24. Segundo a Stellantis (2025), a ocupação total do grupo, em escala mundial, ao final de 2024, era de 248.883 funcionários, uma redução em relação aos 272.367 registrados em 2022.

25. Há um incentivo médio de aproximadamente 58 mil euros líquidos para desligamento (valor variável conforme enquadramento), acompanhado da possibilidade de acessar por dois anos o benefício da NASpI (*Nuova Assicurazione Sociale per l'Impiego*), ou seja, o seguro-desemprego italiano.

26. Essa medida, criada em 2015, tem como objetivo facilitar a reorganização das empresas ao incentivar a saída de trabalhadores próximos da aposentadoria, estabelecendo a regra de uma nova contratação para cada três desligamentos.

27. Com o lançamento do Jeep Renegade e do 500X, a planta implementou um regime de 20 turnos semanais — número atualmente reduzido à metade. Essa alteração resultou na contratação de cerca de 1.800 trabalhadores, destinados à formação de uma quarta equipe de trabalho, essencial para garantir os descansos compensatórios.

casos, portadores de níveis de escolaridade mais elevados (com frequência graduados e alocados entre os trabalhadores indiretos de produção)[28].

A redução da ocupação nos antigos grupos FIAT (posteriormente FCA) e FIAT Industrial (agora CNH), desde o início dos anos 2000, foi também determinada pelo fechamento de diversas plantas industriais, incluindo FIAT Termini Imerese (montagem automotiva), Iveco Valle Ufita (de ônibus), CNH Modena (peças para máquinas agrícolas), CNH Pregnana Milanese (motores industriais) e San Mauro Torinese (escavadeiras). Recentemente, somou-se o encerramento da unidade Maserati em Grugliasco[29], representando o primeiro fechamento sob a gestão Stellantis, com consequente transferência das atividades e do quadro funcional para a planta de Mirafiori, ainda localizada no Piemonte.

Por fim, a venda, em 2018, de algumas divisões da Magneti Marelli ao fundo norte-americano KKR — proprietário da japonesa Calsonic —, por 6,2 bilhões de euros, representou a mais significativa perda de postos de trabalho do grupo FIAT. Além disso, implicou a transferência de competências tecnológicas, culminando na saída da única empresa italiana de componentes de porte internacional. Em virtude das crises recentes de seus principais clientes, Stellantis e Nissan, a empresa entrou, em julho de 2025, em uma grave crise industrial, passando a ser administrada por suas empresas credoras, lideradas pelo fundo inglês Strategic Value Partners. Essa situação coloca em risco cerca de 6 mil trabalhadores italianos e outros 40 mil em diferentes partes do mundo.

Esse processo de desengajamento industrial do antigo grupo FIAT inclui ainda a venda do controle da Comau, em dezembro de 2024, ao fundo One Equity Partners, bem como a alienação recente da Iveco

28. O acordo sindical firmado para a planta de Melfi em 25 de junho de 2021, em preparação à transição para carros elétricos, previa inicialmente até 300 desligamentos, número que foi elevado para 390 em função de pedidos recebidos posteriormente. Com os incentivos a desligamentos, o total de saídas, ao final de 2024, chegou a 2.500, reduzindo o quadro de 7.500 funcionários (2015) para menos de 5.000. Estima-se que a redução do quadro continue nos próximos anos, pois a diminuição dos volumes de produção persiste, mesmo com a introdução dos sete novos modelos híbridos e elétricos previstos para a fábrica (Bubbico, 2024).

29. As reduções do quadro de funcionários decorrentes dos fechamentos devem considerar especialmente as plantas de Pomigliano e Mirafiori: em Pomigliano, a redução deu-se após a reabertura da planta em 2011; em Mirafiori, o processo decorreu do progressivo esvaziamento produtivo, evidenciado pela queda no número de modelos fabricados e dos volumes de produção correspondentes.

(veículos comerciais), em julho de 2025, aos indianos da Tata Motors e da divisão militar Iveco Defense à estatal Leonardo, dedicada historicamente ao setor de defesa.

A produção automotiva na Itália e o seu peso na economia nacional e na indústria como um todo

O amplo recurso, nos últimos anos, aos benefícios de seguridade social no setor automotivo italiano — para além da crise provocada pela pandemia, da escassez de semicondutores e, posteriormente, da própria crise do mercado automotivo — possui raízes mais profundas, associadas aos insucessos dos sucessivos planos industriais da FIAT/FCA ao longo das duas últimas décadas (Scarpa, 2010)[30]. Entre essas iniciativas, destaca-se o primeiro Plano FCA (2014-2018), que jamais alcançou a meta de 1,4 milhão de veículos, principalmente em razão do desempenho aquém do esperado no relançamento da marca Alfa, tanto em número de modelos quanto, sobretudo, em volumes de produção. A ausência de investimentos robustos, os atrasos na transição para a motorização alternativa[31] e a oferta limitada de novos produtos evidenciam um quadro de crise estrutural, que não pode mais ser atribuída apenas à pandemia, à escassez de semicondutores ou outros componentes em amplas cadeias de valor, mas sim ao próprio funcionamento do mercado automotivo.[32]

A fabricação de automóveis na Itália manteve-se, nas últimas duas décadas, sempre abaixo de um milhão de unidades ao ano. É necessário retroceder até 1999 para encontrar uma produção de 1,4 milhão de automóveis, acrescida de 300 mil veículos comerciais leves. O patamar de um milhão só foi superado em 2018, quando considerados conjuntamente automóveis e veículos comerciais leves fabricados pela Sevel —, *joint venture* com a PSA na planta de Val di Sangro, responsável pela fabricação do Ducato e de outros modelos comerciais da PSA e, mais recentemente, da Toyota.

30. Emblemática foi a resposta de Marchionne, em outubro de 2011, em relação aos objetivos do Plano Industrial *Fabbrica Italia* de 2010, após os pedidos de esclarecimento da Commissione Nazionale per le Società e la Borsa (Consob): *"A Fabbrica Italia nunca foi um plano financeiro, mas a expressão de uma diretriz estratégica"* (Linkiesta, 21 de abril de 2010, cf. http://bit.ly/41ywx4r).

31. Uma observação bastante desoladora sobre o tema, a partir dos acontecimentos de Mirafiori, pode ser encontrada em Berta (2020).

32. Os problemas relacionados ao mercado de automóveis na Itália e na Europa, além de tudo, enfrentam uma menor propensão à compra de carros por parte das gerações mais novas, bem como o aumento generalizado dos preços de compra.

Em 2019, ano imediatamente anterior à pandemia, países europeus como Espanha (2,2 milhões), França (1,6 milhão), Tchéquia (1,4 milhão), Reino Unido (1,3 milhão) e Eslováquia (1,1 milhão) apresentaram produção superior à italiana, que se limitou a pouco mais de 500 mil automóveis[33]. Já em 2024, mesmo diante de uma crise persistente, a Alemanha manteve uma produção de cerca de 4 milhões de unidades, seguida da Espanha (cerca de 2 milhões) e Tchéquia (aproximadamente 1,5 milhão), enquanto a França caiu para 900 mil, igualando-se à Turquia e superando ligeiramente a Eslováquia (em torno de 1 milhão).

A produção italiana, com apenas 300 mil veículos, atingiu assim o menor volume desde 1956, quando a motorização de massa italiana ainda estava no início. Tal cenário aproxima a Itália dos países periféricos da produção automotiva europeia, como Portugal, e evidencia uma crise declarada da indústria automotiva nacional.

Nessa perspectiva, a decisão tomada a partir do plano industrial FCA 2014-2018 de concentrar a produção italiana nos segmentos premium e de luxo, embora tenha gerado ganhos em exportação, acabou por acentuar a contração dos volumes produzidos. Esse resultado decorreu, sobretudo, do insucesso dos lançamentos dos novos modelos Alfa Romeo fabricados em Cassino e dos volumes tradicionalmente reduzidos da Maserati. Na prática, a produção da Stellantis na Itália — e anteriormente da própria FCA — permaneceu concentrada nos modelos Jeep e no Novo Panda. Este último é o único representante do segmento B ainda produzido no país, com previsão de continuidade até 2030 na histórica planta de Pomigliano[34].

A redução dos volumes de produção implicou não apenas na diminuição do número de trabalhadores diretos, mas também, em diversos casos, na retração do número de empresas fornecedoras localizadas na Itália e, consequentemente, na ocupação ao longo da cadeia automotiva. A cadeia global de valor da produção da FCA — e, mais recentemente, da Stellantis[35], —

33. Segundo os dados internacionais da OICA (*International Organization of Motor Vehicle Manufacturers*), a produção total de veículos na Itália, mesmo considerando os 374 mil veículos comerciais leves, ficou abaixo de 1 milhão de unidades em 2019.

34. Em 2025, a produção do Panda elétrico e de versões híbridas foi iniciada na Sérvia, após a Stellantis obter um financiamento substancial do governo sérvio. Simultaneamente, as produções do Jeep Renegade e do 500X foram encerradas na planta de Melfi.

35. A reorganização produtiva da Stellantis gera um cenário problemático para os tradicionais fornecedores italianos da FCA, pois a localização da produção está cada vez mais desvalorizada diante da pressão competitiva internacional. Mesmo a presença física dentro ou ao redor das plantas, como em Melfi, corre o risco de se tornar irrelevante perante a demanda por preços cada vez menores em uma cadeia global e internacionalizada.

expandiu-se com o aumento das importações oriundas de países da Europa Centro-Oriental, em substituição à dependência da China, e, atualmente, com uma participação crescente do norte da África, especialmente do Marrocos. Nesse contexto, a empresa tem sinalizado, ainda que de forma implícita, a expectativa de que seus fornecedores também se relocalizem nesses novos mercados.

Como ressaltam Moretti e Zirpoli:

> O futuro da cadeia de produção italiana depende, em grande parte, das escolhas da Stellantis e de como serão resolvidas, no âmbito da União Europeia, as sobreposições entre atividades de *design*, produção e cadeia de produção de componentes, que historicamente pertenciam às fabricantes PSA e FCA. Permanece urgente, para a cadeia produtiva italiana, avançar rapidamente na diversificação de mercados e tecnologias (2021, p. 17-18, trad. nossa)[36].

A transição tecnológica em curso, que vai muito além da simples eletrificação dos veículos, tende a gerar impactos territoriais diferenciados. O processo deve ser menos negativo para regiões como a Emilia-Romagna, especializada em carros de luxo (Ferrari, Lamborghini, Maserati, Pagani), com forte inserção em segmentos de componentes voltados ao elétrico e diversificação setorial. [37]

Já as empresas do norte da Itália — especialmente Piemonte, Lombardia e Veneto —, tradicionalmente exportadoras, precisarão enfrentar reestruturações importantes diante da transição para o elétrico e da redução/reconversão das linhas produtivas associadas à motorização endotérmica. O cenário é ainda mais crítico no sul italiano, onde o setor automotivo permanece majoritariamente restrito a fornecedores de primeiro nível vinculados às montadoras da Stellantis, com baixa diversificação produtiva e pouca

36. A este respeito, ver também Bubbico e Zirpoli (2019).

37. Em 2020, a região da Emilia-Romagna criou o distrito Motor Valley. Ele consolida não só a cadeia automotiva, mas também a indústria de veículos de duas rodas e componentes associados, que somam 16 mil empresas e 69 mil empregados, com faturamento de 21 bilhões de euros em 2018 (Bettazzi, 2020). Vale destacar que esses números englobam o total das atividades relacionadas ao automóvel, não apenas o segmento industrial *strictu sensu*.

presença de empresas exportadoras.[38] A pequena exportação proveniente do sul costuma ter como destino outras fábricas do próprio grupo.

Além disso, a Itália permanece uma exceção no cenário da produção automotiva europeia, pois o antigo grupo FIAT continua como a única OEM de peso estabelecida em território nacional — ao contrário do que ocorre, por exemplo, na Espanha, onde coexistem múltiplos fabricantes. Trata-se, portanto, de uma situação quase monopolista, atenuada apenas pela presença pontual da Audi (grupo Volkswagen), proprietária da planta Lamborghini em Modena, e do grupo DR Automobiles[39], cuja fábrica em Macchia d'Isernia (Molise) se limita a pequenas operações de sequenciamento de veículos importados da China.

A fusão com a PSA[40] e o surgimento da Stellantis, definidos por seus arranjos societários, podem representar um novo passo no redimensionamento tanto da capacidade produtiva instalada nas plantas italianas quanto da destinação dos investimentos, dadas as pressões institucionais e o maior protagonismo do governo francês no apoio à sua indústria automotiva (Bubbico, 2023).

Por sua vez, o advento da FCA redimensionou o papel das marcas tradicionais — FIAT, Alfa Romeo e Lancia[41] — em favor das marcas Chrysler, afe-

38. Para obter um panorama atualizado sobre a indústria nacional de componentes italiana, recomenda-se a consulta aos relatórios anuais do *Osservatorio sulla componentistica,* realizados até 2021 por Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica (ANFIA), Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura (CCIAA) de Turim e CAMI-Università Ca' Foscari de Veneza. Para conhecer a situação da produção indireta no sul da Itália, vale conferir trabalhos recentes publicados por Bubbico (2018; 2013; 2007).

39. Carros produzidos pelas fabricantes chinesas Chery Automobile e JAC Motors, comercializados pelas marcas DR, EVO, Sportequipe e ICKX, com sistemas de propulsão variados (incluindo elétricos), atingiram cerca de 30 mil unidades vendidas no mercado italiano em 2024, um salto significativo frente às aproximadamente 4 mil unidades comercializadas em 2019.

40. A participação francesa no capital das empresas italianas aumentou consideravelmente nos últimos anos, destacando-se nos setores agroalimentar, da moda e também em importantes segmentos da indústria metalúrgica (Buffolo, 2019; Italian Trade Agency, 2021).

41. Nos últimos anos, as receitas da FCA vieram predominantemente do mercado norte-americano, especialmente graças à marca Jeep. O mercado europeu — e, sobretudo, o italiano — continua relevante, mas apresenta dificuldades recorrentes para a FCA, enquanto a presença do grupo no mercado chinês permanece irrelevante, assim como as vendas da PSA. Por outro lado, as montadoras francesas obtiveram resultados superiores na Europa. No mercado sul-americano, especialmente no Brasil, a FIAT (e depois a FCA) perdeu o primeiro lugar de vendas, mas ainda integra o grupo de principais montadoras do continente; porém, esse mercado nunca gerou volume significativo de receitas e a PSA manteve presença discreta e sem impacto.

tando a estrutura de gestão do grupo[42]. Ainda que processos de reorganização administrativa sejam recorrentes na integração de estruturas diretivas de grupos multinacionais sediados em diferentes países, persiste o risco de nova reconfiguração em detrimento dos interesses industriais italianos. Esses interesses, de fato, foram amplamente reduzidos desde a criação da FCA, com o deslocamento do centro decisório para os Estados Unidos e, mais recentemente, para a França[43]—, tendência apenas parcialmente mitigada pela recente nomeação do italiano Filosa em substituição a Tavares[44].

O que resta, então, do antigo grupo FIAT, do ponto de vista industrial? E qual é, hoje, o peso efetivo da produção automotiva na economia italiana? Os dados analisados indicam o risco de um importante redimensionamento da capacidade produtiva instalada na Itália — ainda cerca do dobro do nível atual de produção. Tal cenário acarreta não apenas impactos diretos sobre o emprego, mas também revela uma trajetória de reconfiguração produtiva que, embora já atinja o setor de componentes, mantém-se parcialmente distinta daquela observada na indústria de veículos completos.

O segmento de componentes, por sua vez, vem sendo impactado pelas novas decisões da Stellantis relativas ao redesenho das cadeias de fornecimento e à transição para o veículo elétrico. Ainda assim, diversas empresas historicamente vinculadas à cadeia do *powertrain* já iniciaram diversificação de investimentos ou se mostram preparadas para reposicionar-se como fornecedoras de outros setores industriais, como o aeroespacial, o ferroviário e, mais recentemente, o setor de defesa, impulsionado pela expansão dos gastos em armamentos.

No plano mais geral, os dados da contabilidade econômica nacional revelam que, entre 2001 e 2019, a participação da fabricação de automóveis, reboques e semirreboques — excluídas as peças e acessórios — no PIB italiano caiu de 0,95% para 0,86%. No mesmo período, entretanto, a participação da

42. Em 2023, o mercado norte-americano respondeu por 45% das receitas da Stellantis, mesmo representando apenas 29% dos veículos produzidos e 31% do total de empregados do grupo. Foram vendidos 1,8 milhão de veículos na América do Norte, de um total global de 6,2 milhões, enquanto as vendas na Europa chegaram a 2,7 milhões de unidades (Stellantis, 2025).

43. A nacionalidade da gerência ainda pode atuar como fator de defesa dos interesses nacionais, mesmo em grandes corporações cuja estrutura acionária e operação se tornaram crescentemente complexas e transnacionais.

44. N.R.T.: Carlos Tavares é um CEO português, que assumiu a presidência em 2014, sendo associado à condução francesa da Stellantis. Antonio Filosa, por sua vez, é italiano e fez toda a sua trajetória profissional dentro da Fiat Chrysler, sendo uma figura de referência da parte italiana do grupo.

indústria automotiva na produção manufatureira aumentou de 5,01% para 5,24%, após ter atingido um ponto mínimo de 4,12% em 2012. Esse resultado, aparentemente contraditório, pode ser explicado, de um lado, pela tendência geral de redução do peso da manufatura no PIB e, de outro, pelo aumento da produção de veículos de maior valor agregado, mesmo diante da queda nos volumes produzidos.

Essa dinâmica é confirmada nos dados de "Resultados Econômicos das Empresas" do Instituto Nacional de Estatística da Itália. Entre 2008 e 2019, observou-se uma redução no número de empresas do setor automotivo (de 2.260 para 2.138, -5,4%) e, sobretudo, de empregados (de 183.124 para 168.914, -8,1%). Apesar disso, houve aumento no faturamento (+1,4 bilhão de euros, +2,3%) e, principalmente, crescimento expressivo do valor agregado ao custo dos fatores[45] (+3,8 bilhões, +42,6%). Tudo isso ocorreu em um contexto de retração dos investimentos (-15,7%) e de redução das horas trabalhadas (-3,1%), mas com elevação do valor agregado por empregado que passou de 49 mil para 76 mil euros. [46]

A situação das plantas italianas da Stellantis e a transição para o carro elétrico

Qual será, então, o resultado combinado do novo arranjo proprietário e da transição para o carro elétrico na indústria automotiva italiana — em especial nas fábricas do sul do país, onde se concentra a quase totalidade da produção da Stellantis, tanto de automóveis quanto de veículos comerciais leves? As indicações contidas no primeiro plano estratégico da Stellantis, bem como nos acordos assinados até o momento nas diferentes plantas, apontam para um redimensionamento da capacidade produtiva e para a confirmação de uma especialização voltada à fabricação de modelos de alto padrão e *premium* (com exceção do Novo Panda), quase exclusivamente em versões híbridas e elétricas. O grupo, contudo, abdica da produção to-

45. Trata-se do saldo entre a produção e os consumos intermediários, em que a produção é avaliada pelo custo dos fatores, ou seja, excluindo-se todos os impostos (tanto sobre os produtos quanto os impostos sobre a produção) e somando-se todas as contribuições (tanto as contribuições proporcionais ao valor dos bens produzidos quanto as outras contribuições para a produção).

46. Entre 2008 e 2019, a participação do faturamento do setor no faturamento total da indústria ficou praticamente estável, ao redor de 6,5%. No mesmo período, a incidência do valor agregado aumentou cerca de um ponto percentual, passando de 4,3% para 5,2%.

talmente elétrica até 2030, antecipando em cinco anos o prazo estabelecido pela diretiva europeia.

O redimensionamento da capacidade produtiva tornou-se bastante visível com a decisão de limitar a produção a uma única linha de montagem em Melfi — que até junho de 2021 operava com duas — e com medidas semelhantes adotadas na planta de Cassino. Em síntese, trata-se de plantas de escala reduzida, centradas em uma única plataforma produtiva, acompanhadas por uma diminuição no número de funcionários. Parte desses trabalhadores foi transferida para atividades terceirizadas, como sequenciamento e logística, ou realocada em setores correlatos, o que amplia a tendência de uso de trabalho temporário para atender eventuais picos produtivos — prática, aliás, já consolidada há anos nas fábricas francesas da PSA.

Nos últimos anos, o redimensionamento dos volumes globais da produção automotiva italiana tem sido fortemente influenciado por diversos fatores, entre os quais se destacam a baixa dinamicidade dos investimentos sob a gestão Marchionne e, provavelmente, o atraso na adoção de novas tecnologias alternativas ao motor a combustão. A decisão estabelecida no primeiro Plano Industrial da FCA (2014-2018[47]), de concentrar a produção nacional em modelos de alto padrão e *premium* — visando o relançamento das marcas Alfa Romeo e Maserati — acabou por agravar esse cenário, diante do insucesso desses relançamentos.

Não fosse o desempenho do Novo Panda, os volumes totais da produção automotiva italiana teriam sido, nos últimos anos, pelo menos um terço menor. Ademais, os modelos transferidos para plantas da Polônia, Sérvia e Turquia não registraram resultados expressivos de vendas recentemente, enquanto se aguardam os efeitos dos novos volumes das produções instaladas no Marrocos e na Tunísia.

A situação das plantas italianas tem sido marcada, nas últimas décadas, por dificuldades produtivas persistentes, iniciadas ainda com a crise do início dos anos 2000, com poucas exceções como Melfi (2015-2018) e Sevel. Entre 2017 e 2024, de acordo com os relatórios anuais do sindicato FIM CISL[48], a produção de automóveis e veículos comerciais leves nas fábricas da Ste-

47. Para um panorama da situação produtiva e ocupacional dos grupos FCA e CNH imediatamente antes da apresentação do plano industrial 2014-2018, recomenda-se consultar Bubbico (2014).

48. N. R. T.: A sigla refere-se à *Federazione Italiana Metalmeccanici* (FIM), a Federação Italiana dos Metalúrgicos, sindicato afiliado à Confederação Italiana de Sindicatos de Trabalhadores (CISL), uma central sindical nacional na Itália.

llantis registrou uma queda de 118% (de 1.035.454 para 475.090 unidades), e considerando apenas os automóveis, uma redução ainda mais acentuada, de163% (de 743.454 para 283.090)[49].

Esses números evidenciam que o volume total de produção se manteve consistentemente abaixo de um milhão de veículos, com cerca de 90%[50] concentrados nas plantas do sul da Itália – Pomigliano, Melfi e Atessa (Sevel). Vale destacar que a planta de Sevel responde quase integralmente pela produção nacional de veículos comerciais leves (até 3,5 toneladas) (tabela 1), reforçando a centralidade produtiva do sul do país frente ao contexto de retração industrial.

Tabela 1 – Produção das plantas italianas da FCA/Stellantis de 2017 a 2024

(valores absolutos e percentuais)

Plantas	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Polo de Turim*	69.478	43.128	19.110	36.072	77.267	94.710	85.940	25.920
Modena	3.733	1.790	1.108	160	860	1.250	1.244	260
Cassino	135.263	99,154	58.772	53.442	43,753	55.000	48.800	26.850
Pomigliano	204.444	183.589	198.674	140.478	123.000	165.000	215.000	167.980
Melfi	330.536	339.865	248.100	229.848	163.646	163.793	170.120	62.080
Total automóveis	743.454	667.526	525.664	460.610	408.526	479.753	521.104	283.090
Sevel	292.000	297.007	293.216	257.026	265.048	206.000	230.280	192.000
Total geral	1.035.454	964.533	818.880	717.636	673.574	685.753	752.384	475.090
% da produção das fábricas do sul da Itália (somente automóveis)	90,2	93,3	96,2	92,0	80,9	80,0	83,3	90,8
% de VCL (Sevel) sobre o total da produção (automóveis e VCL)	28,2	30,8	35,8	35,8	39,3	30,0	30,6	40,4

Fonte: Fim Cisl (2025 e anos anteriores).

Notas: (*) Plantas de Mirafiori e Grugliasco de 2017 a 2022, depois apenas Mirafiori; VCL: veículos comerciais leves.

49. Os dados mencionados, assim como os referentes à produção de cada planta, são provenientes de Fim Cisl (2025) e também de Bubbico e D'Onofrio (2025).

50. A queda relativa de participação da produção do sul da Itália nos anos de 2021 e 2022 se deu devido à retomada da fábrica de Mirafiori — impulsionada principalmente pelo modelo 500 elétrico. Essa participação caiu para 80% em 2021 e para 86% em 2022. No cálculo da participação da produção do sul da Itália também está incluída a fábrica de Cassino, localizada em uma das regiões centrais, mas muito próxima das áreas industriais do sul.

Os dados mais recentes, referentes ao primeiro semestre de 2025, revelam nova queda na produção da planta de Mirafiori, que havia incorporado a produção de Grugliasco — reativada em 2013 para a fabricação de modelos Maserati. Em Mirafiori, a produção recuou 21,5% em comparação ao mesmo período de 2024, sendo quase totalmente concentrada no Fiat 500 elétrico; e na produção de apenas 140 unidades dos modelos Maserati.

A empresa anunciou a meta de produzir pelo menos 100 mil unidades do Fiat 500 híbrido, enquanto aguarda o lançamento do 500 BEV com bateria Stellantis e o desenvolvimento de uma nova versão, programada para 2030. No entanto, a continuidade dos modelos Maserati é incerta, ilustrando o cenário de instabilidade das plantas italianas e a crescente concentração industrial no segmento elétrico.

A situação da planta Maserati de Modena é, atualmente, a mais crítica. O lançamento dos modelos esportivos da marca, assim como o de outros modelos previstos, não obteve o sucesso esperado no mercado. Recentemente, a empresa anunciou a suspensão da versão totalmente elétrica do Maserati Folgore e decidiu transferir para Modena a produção de dois modelos anteriormente fabricados em Grugliasco — o Maserati Ghibli e o Quattroporte.

Embora a planta de Modena tenha apresentado crescimento nos anos anteriores, impulsionado pelo "projeto Giorgio" e pela transferência de parte dos engenheiros de Mirafiori para atuar no relançamento da Maserati, o quadro atual indica retração significativa. A ocupação, que chegou a superar mil funcionários, foi reduzida para pouco mais de 800, incluindo o setor de montagem.

A planta de Cassino, inaugurada em 1970, no sul do Lazio, simbolizou por décadas a modernização e a alta automação da FIAT, inspirada no modelo japonês e considerada precursora das práticas de *lean production*. Sob a gestão de Marchionne, Cassino foi reposicionada para produzir modelos Alfa Romeo, abandonando gradualmente os modelos tradicionais da FIAT. No entanto, o relançamento da marca Alfa Romeo não obteve sucesso.

Em 2024, a produção caiu para menos de 30 mil veículos — abrangendo os modelos Alfa Giulia, Stelvio, Maserati Grecale —, número muito inferior às 135 mil unidades produzidas em 2017. O quadro de empregos também se deteriorou: de cerca de 4.300 trabalhadores, restaram apenas 2.600 ao final de 2024, operando, desde 2021, em apenas um turno, de segunda a sexta-feira. Essas mudanças tiveram impacto significativo sobre a cadeia local de fornecedores de primeiro nível, que se reduziu consideravelmente ao longo dos anos.

Por outro lado, algumas empresas iniciaram um processo de diversificação, ampliando sua carteira de clientes, aumentando as exportações e, em alguns casos, alcançando maior autonomia em relação à Stellantis[51].

A planta de Pomigliano, originária da antiga Alfasud e inaugurada em 1972, destaca-se, ao lado da Melfi, por apresentar um desempenho relativamente estável no atual contexto da indústria automotiva italiana. Esse resultado decorre, sobretudo, da continuidade da produção do Panda (atualmente o Pandina) e do retorno, em 2024, de um modelo Alfa[52] (o Tonale), também comercializado como Dodge Hornet nos EUA.

Pomigliano é a única fábrica italiana que mantém, em termos globais, o mesmo número de trabalhadores. Entretanto, menos de 3 mil trabalhadores estão efetivamente ocupados na produção, frente a um total de 4.300 empregados, devido ao uso intensivo de programas de seguridade social[53], destinados principalmente a trabalhadores com capacidade reduzida.

A maior produtividade atingida pela fábrica deve-se, em grande parte, à intensificação dos ritmos de trabalho, fator que, nos últimos anos, motivou algumas greves, mesmo diante das proibições expressas pelo novo Contrato Coletivo Específico de Trabalho (CCSL)[54]. Esse quadro evidencia, simultaneamente, a importância estratégica de Pomigliano para a Stellantis no contexto italiano e os desafios relativos à estabilidade ocupacional e às condições de trabalho na transição industrial em curso.

A planta de Melfi, antes considerada o carro-chefe da Stellantis na Itália, atravessa atualmente uma transição difícil diante da introdução da produção de modelos elétricos, iniciada tardiamente, apenas no segundo trimestre de 2025, com o lançamento do Citroën DS8, após sucessivos adiamentos do cronograma. Embora inicialmente se esperasse uma industrialização inteiramente elétrica, a maior parte da produção futura

51. Para informações detalhadas, recomenda-se o estudo realizado pela ANFIA (2022): La fililera automotive nelle province di Frosinone e Latina, focus sul sistema produttivo locale di Cassino.

52. Em 2011, a planta foi reaberta após cerca de três anos fechada, retomando as atividades com a produção do Novo Panda, que substituiu os modelos Alfa Romeo tradicionalmente fabricados no local. Para uma análise detalhada das mudanças na fábrica e de sua rede regional de fornecedores no processo de reabertura, recomenda-se o estudo de Bubbico e Pirone (2011).

53. N. R. T: Exemplos de benefícios citados pelo autor do texto incluem a *cassa integrazione guadagni*, que é um mecanismo de apoio salarial na Itália, e o contrato de solidariedade.

54. A cadência da linha de montagem foi reduzida significativamente: o tempo de trânsito de um veículo passou de 63 segundos em setembro de 2013 para 52,72 segundos em novembro de 2021, segundo Di Luca (2022).

também incluirá versões híbridas, como já ocorre com o Jeep Compass e o novo J4U, que o substituirá, enquanto os modelos Renegade e Fiat 500X foram descontinuados.

As decisões recentes de manter a produção híbrida resultaram em incentivos às demissões voluntárias, reduzindo o quadro de funcionários de 7.400 (em junho de 2021) para menos de 5.000 no final de 2024. Do ponto de vista produtivo, a crise manifesta-se na queda acentuada dos volumes: em 2024, foram fabricados menos de 70 mil veículos em Melfi, número drasticamente inferior aos cerca de 400 mil produzidos em 2015. Nessa época, a unidade se destacava pela exportação do Jeep Renegade e do Fiat 500X para a América do Norte, além de ter encerrado a produção do Fiat Grande Punto.

A planta de Atessa, dedicada à produção de veículos comerciais leves das marcas Iveco e PSA, além de versões adaptadas para motor home, iniciou em 2024 a fabricação de modelos Toyota e uma primeira versão elétrica do Ducato — ainda em pequena escala. O enfraquecimento da capacidade produtiva da unidade é evidente, refletido não apenas na abertura de uma planta gêmea na Polônia, mas também no fechamento de uma das duas unidades de pintura, na redução do número de turnos e, mais recentemente, na ativação do mecanismo de apoio salarial *cassa integrazione guadagni* — um evento raro na trajetória dessa fábrica.

O primeiro plano industrial da Stellantis introduziu antecipações e ajustes às estratégias previamente pactuadas em nível territorial, como visto nos acordos referentes à planta de Melfi e pelas declarações da nova gestão[55]. No caso do Alfa Romeo Tonale (inclusive em versões híbridas), produzido em Pomigliano, e do Maserati Grecale, produzido em Cassino, observa-se a confirmação das diretrizes já estabelecidas no último plano FCA (2019-2021).

Assim, embora o novo plano tenha anunciado uma transição gradual e integral para modelos exclusivamente elétricos, na prática, as plantas italianas continuarão, nos próximos anos, a operar em linhas de montagem mistas, produzindo veículos híbridos e totalmente elétricos em um mesmo sistema produtivo (ver Tabela 2).

55. Entre elas, a do CEO da Alfa Romeo, Philippe Imparato, que declarou no final de 2021 que haveria "um lançamento por ano das marcas Alfa Romeo, DS e Lancia até 2026" (Angotti, 2021).

Tabela 2 – Quadro de pessoal e produções das plantas de montagem Stellantis em 2024 e modelos previstos

Plantas	Funcionários		Modelos produzidos em 2024	Novos modelos previstos e modelos que entraram em produção em 2024/25
	31.12.2017	31.12.2024		
Mirafiori *	3.750	2.200	500 BEV, Maserati Gran Turismo e Maserati GranCabrio	500 híbrida (a partir de novembro de 2025), Maserati Folgore
Grugliasco	1.950	-	Produção terminada em dezembro de 2023	-
Modena	1.350	840	Modelos Maserati Mc20 e Mc20 Cielo	Maserati GranTurismo e Maserati GranCabrio
Cassino	4.300	2.400	Alfa Romeo Giulia, Alfa Romeo Stelvio, Maserati Grecale	Plataforma SLA Large BEV para Alfa Romeo Stelvio e Giulia (a partir de 2026)
Pomigliano	4.749	4.226	Fiat Pandina, Alfa Rome Tonale, Dodge Hornet	Pandina até 2030; alocação da plataforma STLA Small
Melfi	7.400	5.300	Jeep Renegade, Jeep Compass	Alocação da plataforma BEV STLA Medium
Atessa (Sevel)	6.100	4.497	Fiat Ducato, Peugeot Boxer, Citroen Jumper, Opel/Vauxhall Movano e Toyota Proace Max	Gamma Large e nova versão Ducato a partir de 2027
Totais	29.599	19.463		

Fonte: Report Fim Cisl (vários anos).

Notas: (*) Os dados sobre funcionários referem-se apenas aos das chamadas unidades de carroceria, ou seja, de montagem de automóveis; portanto, não incluem os funcionários dedicados à produção de caixas de câmbio e outras atividades tradicionalmente localizadas na histórica planta de Turim.

Segundo os dados disponíveis, as plantas italianas da Stellantis provavelmente não iniciarão de imediato a produção em larga escala de novos modelos elétricos e híbridos, com exceção do 500e, até pelo menos 2026. Os níveis de produção previstos para 2025, abrangendo automóveis e veículos comerciais leves (VCLs), tendem a repetir os resultados do ano anterior, agravados por uma queda adi-

cional de 27% só no primeiro semestre de 2025. Persistem, portanto, incertezas quanto aos volumes efetivos desses modelos, sejam elétricos ou híbridos.

A manutenção da produção do Panda até 2030, o lançamento anunciado de sete novos modelos em Melfi, a entrada de uma versão híbrida do 500 em Mirafiori e a renovação dos Alfa Romeo em Cassino indicam continuidade das operações, mas não uma retomada dos volumes pré-crise. Esse quadro se agrava diante do fato de que, em 2024, as marcas da Stellantis responderam por cerca de 30% do mercado automotivo italiano, embora apenas 15% dos veículos efetivamente produzidos e emplacados fossem fabricados no país. Isso revela uma forte orientação exportadora da produção italiana e, ao mesmo tempo, uma dependência crescente da importação de modelos básicos da própria Stellantis fabricados no exterior, como Fiat Tipo na Turquia, Fiat 600 e Jeep Avenger na Polônia.

Esse processo revela uma sofisticação produtiva que não se traduz em uma recuperação ocupacional ampla. A reorganização da produção nas plantas italianas tem acentuado o desaparecimento dos modelos equipados com motores a combustão interna e o avanço dos veículos elétricos e híbridos, gerando impactos ocupacionais contrastantes. De um lado, persistem as demissões incentivadas; de outro, cresce a demanda por novas qualificações profissionais associadas à produção de modelos elétricos. Contudo, essa reestruturação das competências tende a ser limitada, sem promover uma requalificação significativa da força de trabalho envolvida nas atividades genéricas de montagem.

O saldo de emprego deve, portanto, permanecer negativo, não tanto em razão das exigências técnicas da transição tecnológica, mas principalmente em função dos baixos volumes esperados. A redução do emprego nas plantas do antigo grupo FIAT é nítida quando comparada a décadas passadas, inclusive àquelas voltadas à produção de motores a combustão, mas agora ocorre em um contexto de concentração da produção em modelos SUVs e veículos de alto padrão (incluindo versões *premium*).

Considerações finais

Os dados apresentados delineiam um cenário de transição, marcado por uma ampla reestruturação na indústria automotiva italiana, com destaque para o novo perfil industrial do antigo grupo FIAT e, em perspectiva

parcialmente distinta, para as empresas de componentes. No entanto, essa reestruturação não representa um relançamento industrial, mas sim um redimensionamento da capacidade produtiva.

A recente crise do mercado automotivo italiano — semelhante à observada no restante da Europa — insere-se em um contexto de transição para a mobilidade elétrica, cujo ritmo varia entre os diferentes países. Em 2024, os emplacamentos de veículos totalmente elétricos na Europa representaram, em média, 13,6% do total, enquanto a Itália registrou apenas 4,2%, em contraste com 13,5% na Alemanha e 17% na França. Nos países escandinavos, por sua vez, esse índice alcança cerca de 30%, embora em mercados significativamente menores (UNRAE, 2025).

As medidas europeias previstas no âmbito do *Fit for 55*, como a proibição da comercialização de veículos a diesel e gasolina a partir de 2035, aliadas aos recursos do PNRR italiano[56] direcionados à mobilidade sustentável, têm acelerado o processo de transição para motores alternativos. As consequências, ainda apenas parcialmente previsíveis, tendem a afetar em cadeia os fabricantes de componentes e toda a estrutura produtiva do setor automotivo — das redes de abastecimento às de comercialização.

No plano estritamente industrial, apesar dos investimentos anunciados, a produção nacional de automóveis na Itália não apresenta perspectivas de crescimento significativo nos próximos anos. Ao contrário, a tendência observada é de estabilização dos atuais volumes — já relativamente reduzidos —, condicionada pela transição integral à produção elétrica, pela persistente crise salarial italiana e pela indefinição das políticas públicas voltadas à mobilidade elétrica. Nesse contexto, destaca-se a decisão da Stellantis de suspender a construção da *gigafactory* de Termoli (que abriga uma de suas três fábricas de motores no sul do país), originalmente prevista no âmbito da *joint venture* ACC (Automotive Cells Company) — criada em 2020 pela Total Energies e pela Mercedes-Benz. A medida, tomada mesmo após a concessão de financiamento público, alimenta incertezas quanto à efetiva dimensão dos investimentos que o grupo pretende realizar na Itália. Acrescente-se que a produção italiana da Stellantis representa atualmente menos de 5% do total global do

56. A referência diz respeito ao Plano de Recuperação e Resiliência (PNRR), financiado pela União Europeia após a pandemia, que disponibilizou à Itália cerca de 200 bilhões de euros, somando empréstimos facilitados e recursos não reembolsáveis.

grupo, que, por sua vez, consolidou-se em 2024 como o quarto maior fabricante mundial de veículos em termos de vendas.[57]

No campo de pesquisa e desenvolvimento (P&D), existe um risco concreto de enfraquecimento das atividades dos *Enti Centrali,* em Turim, em benefício de estruturas similares na França e nos Estados Unidos. A FCA já apresentava atrasos no desenvolvimento da tecnologia de veículos elétricos, apesar de dispor de reconhecidas capacidades industriais e tecnológicas na Itália. Atualmente, o redimensionamento dessas atividades centrais, especialmente quanto ao quadro de pessoal, constitui um sinal desfavorável, mesmo diante da existência de planos de formação e acordos sindicais que envolvem cerca de 6 mil funcionários da estrutura.

Em contraste, a PSA, já antes da fusão, havia iniciado a transição para o elétrico, beneficiando-se de incentivos governamentais franceses[58] — situação sem paralelo na Itália, onde os apoios públicos ao setor permanecem incertos. A mesa de diálogo sobre o setor automotivo, instituída em junho de 2023 pelo Ministério da Indústria e do *Made in Italy*, ainda não conseguiu produzir resultados expressivos, limitando-se à meta de elevar a produção nacional a mais de 1 milhão de veículos por ano. De igual modo, a ausência de iniciativas específicas voltadas ao setor automotivo no âmbito do PNRR italiano (Gaddi e Garbellini, 2021; Bubbico, 2022) revela uma fragilidade. Essa tendência foi confirmada pelo abandono quase completo, em dezembro de 2024, do Fundo Nacional Automotivo, criado em 2022[59] com o objetivo de apoiar a transição para a mobilidade elétrica por meio de incentivos e financiamentos.

As implicações para o setor de componentes também são significativas, ainda que se trate de um segmento dinâmico e voltado à exportação. Assim, faz sentido a reivindicação do sindicato FIOM Cgil[60]:

57. Em 2024, a Stellantis vendeu 5,6 milhões de carros globalmente, sendo menos de 10% desse total no mercado italiano. Os maiores volumes de vendas mundiais ficaram com a Toyota (10,6 milhões), VW (8,7 milhões) e Hyundai (7,2 milhões).

58. Em dezembro de 2021, o governo francês lançou o plano França 2030, voltado para o apoio ao setor automotivo. Embora essa iniciativa reforce a tradição francesa de políticas industriais voltadas para o setor, a literatura crítica aponta desafios em inovação. Para uma análise dessa política e do estado da inovação na indústria automotiva francesa, recomenda-se consultar Pardi (2021; 2020).

59. O orçamento previsto era de um bilhão de euros por ano entre 2022 e 2030, mas, nos primeiros anos, o montante foi destinado principalmente a incentivos para a compra de carros novos e grandes.

60. N.R.T.: FIOM-CGIL é a sigla para Federazione Impiegati Operai Metallurgici, a federação dos trabalhadores metalúrgicos italiana, que integra a maior central sindical do país, a CGIL (Confederazione Generale Italiana del Lavoro).

> A abertura de um caminho compartilhado com o Ministério das Empresas e do *Made in Italy*, o Ministério do Trabalho e o Ministério da Transição Ecológica e dos Transportes para um plano de transição da indústria automotiva não é mais adiável e representa uma oportunidade fundamental de política industrial para o país; assim, a mesa de diálogo sobre o setor automotivo deve ser permanente (Fiom Cgil, 2022).

Em síntese, o setor da mobilidade na Itália, para além do automotivo, ainda preserva importantes ativos industriais e exerce relevante impacto ocupacional, embora de forma mais limitada do que o desejável. A ausência de grandes grupos nacionais e o crescimento das empresas estrangeiras levantam preocupações análogas às enfrentadas por outros setores industriais periféricos na Europa nos últimos anos.

Referências

ACEA (2020). *The Automobile Industry Pocket Guide*. Disponível em: https://www.acea.auto/publication/automobile-industry-pocket-guide-2020-2021/. Acesso em: 19 set. 2025.

ANFIA (2022). *La filiera automotive nelle province di Frosinone e Latina, focus sul sistema produttivo locale di Cassino.*

ANGOTTI, Amalia (2021). Alfa Romeo accelera, fino al 2026 un modello l'anno. *Ansa*.

ARTI (2020). *L'automotive in Puglia. ARTI Outlook report*, *n. 1*. Disponível em: https://www.arti.puglia.it/wp-content/uploads/ARTI-Outlook-Report_01-L_Automotive-in-Puglia-1.pdf. Acesso em: 19 set. 2025.

BALCET, Giovanni; COMMISSO, Giuliana; CALABRESE, Giuseppe (2013). Structuring and Restructuring Fiat-Chrysler: Can Two Weak Carmakers Jointly Survive in the New Automotive Arena? *International Journal of Automotive Technology and Management*, v. 13, n. 2, p. 183-197.

BERTA, Giuseppe (2020). Gli incerti esordi dell'auto elettrica in Italia. *Il Mulino*, n. 2, p. 242-249, 2020.

BETTAZZI, Marco (2020). Motor valley, un distretto da 21 miliardi. *La Repubblica*, 29 jun. 2020. Disponível em: https://www.repubblica.it/dos-

sier/cronaca/italia-riparte/2020/06/29/news/motor_valley_un_distretto_da_21_miliardi-260267046/. Acesso em: 18 set. 2025.

BUBBICO, Davide (2007). Quale filiera dell'automotive nel Mezzogiorno?. *Rivista Economica del Mezzogiorno*, n. 3-4, p. 815-856.

BUBBICO, Davide (2013). Attori economici e istituzioni locali nelle iniziative a sostegno del settore auto nel Mezzogiorno. QA, n. 4, p. 43-77.

BUBBICO, Davide (2014). *Radiografiat. Indagine nazionale della Fiom-Cgil sugli stabilimenti italiani dei gruppi Fca e Cnh Industrial.* Roma: Meta edizioni.

BUBBICO, Davide (2018). I parchi fornitori degli stabilimenti campani di FCA (Pomigliano e Pratola Serra) Internazionalizzazione delle forniture e peso della componentistica nazionale. *In:* MORETTI, Ana; ZIRPOLI, Francesco (Orgs.). *Osservatorio sulla componentistica automotive italiana 2018.* Venezia: Edizioni Ca' Foscari, p. 195-223.

BUBBICO, Davide (2022). Il PNRR italiano e l'industria nazionale: alla ricerca di una politica industriale. *Autonomie locali e servizi sociali*, n. 2, p. 309-329.

BUBBICO, Davide (2023). The Role of Institutions, Social Actors and Public Policies to Support Sustainability in the Automotive Industry in Europe. *In:* CABIGIOSU, Ana; LANZINI, Pietro (Orgs.). *The Green Transition of the Automotive Industry.* From Technological Sustainable Innovation to Mobility Servitization. London: Palgrave Macmillan, p. 203-234.

BUBBICO, Davide (2024). L'industria automobilistica a Melfi tra mancato sviluppo endogeno e transizione all'auto elettrica. *Meridiana*, n. 111, p. 29-52.

BUBBICO, Davide; PIRONE, Francesco (2011). *Fabbrica Italia Pomigliano e l'indotto campano di primo livello.* Dalle forniture per i modelli Alfa Romeo a quelle per Fiat Nuova Panda. Napoli: FIOM-CGIL Campania. Disponível em: https://issuu.com/francesco.pirone/docs/rapporto_nuova-panda_2011_definitivo. Acesso em: 19 set. 2025.

BUBBICO, Davide; ZIRPOLI, Francesco (2019). Fca e Psa: le incognite di una fusione. *lavoce.info*, 5 nov. Disponível em: https://www.lavoce.info/archives/61954/fca-e-psa-le-incognite-di-una-fusione/. Acesso em: 19 set. 2025.

BUBBICO, Davide; D'ONOFRIO, Giuseppe (2025). La componentistica automotive meridionale nella transizione. In: CALABRESE, Giuseppe; MORETTI, Anna; ZIRPOLI, Francesco (org.). *Osservatorio sulle trasformazioni dell'ecosistema automotive italiano 2024.* Venezia: Edizioni Ca' Foscari. p. 245–268.

BUBBICO, Davide; MORO, Angelo (2025). L'automotive italiano tra quadro europeo e mobilitazioni sindacali. *Critica marxista*, n. 3, maio/jun.

BUFFOLO, Matteo (2019). Quanto pesa la Francia nella finanza e nell'industria italiana. *Agi*. Disponível em: https://www.agi.it/economia/aziende_italiane_comprate_da_francesi-4971074/news/2019-02-09/. Acesso em: 19 set. 2025.

CALABRESE, Giuseppe; PEREZ ALMANSI, Bruno (2025). L'Osservatorio sulle trasformazioni dell'ecosistema automotive. Dall'analisi del database all'analisi survey. *In:* CALABRESE, Giuseppe G.; MORETTI, Ana; ZIRPOLI, Francesco (Orgs.). *Osservatorio sulle trasformazioni dell'ecosistema automotive italiano 2024*. Venezia: Edizioni Ca' Foscari, p. 33-50.

DEL CORNO, Mauro (2021). Stellantis in borsa. Il prospetto: non è fusione ma Psa che acquisisce Fca. Per stabilimenti e dipendenti italiani inizia una partita in trasferta. *Il fatto quotidiano*, 16 jan. 2021.

DI LUCA, A. (2022). *Report produzione Panda 2021 Stellantis*. Pomigliano.

DUVAL, Guillaume (2013). *Made in Germany. Le modèle allemand au-delà des mythes*. Paris: Seuil.

ESTÀ (2022). *La transizione ecologia e la decarbonizzazione nel settore metalmeccanico*. Disponível em: https://bit.ly/3EIifV4. Acesso em: 19 set. 2025.

FIM CISL (2017). *FCA, Uliano: produzione al +4,2% nel 2017, ma per piena occupazione servono investimenti*. 5 jan. 2017. Disponível em: https://www.fim-cisl.it/wp-content/uploads/2018/01/FCA-Uliano-Fim-Cisl.pdfStellantis--Uliano-Fim-Cisl-report-gruppo-4-trim.2021.pdf. Acesso em: 19 set. 2025.

FIM CISL (2024). *Situazione produzione STELLANTIS Italy 2024*. 3 jan. 2024. Disponível em: https://www.fim-cisl.it/2025/01/03/stellantis-uliano-fim-cisl--report-fim-2024-anno-nero-sotto-500-mila/. Acesso em: 19 set. 2025.

FIOM CGIL (2022). *Saftey Car. Le proposte della Fiom per una transizione giusta e per l'occupazione*. Jan. 2022. Disponível em: https://bit.ly/3SCfBG7. Acesso em: 19 set. 2025.

GADDI, Matteo; GARBELLINI, Nadia (2021). Le politiche industriali nel PNRR. *Quaderni di Rassegna Sindacale*, n. 2, p. 33-41.

ISTAT (2021). *Struttura e competitività delle imprese multinazionali. Ano 2019*. Roma. Disponível em: https://www.istat.it/it/archivio/263634. Acesso em: 19 set. 2025.

ITALIAN TRADE AGENCY (2021). *Francia. Congiuntura economica e commercio estero.* Paris: ICE. Disponível em: https://bit.ly/3IBtpMr. Acesso em: 19 set. 2025.

MORETTI, Ana; ZIRPOLI, Francesco (Orgs.) (2021). *Osservatorio sulla componentistica automotive italiana 2021.* Venezia: Edizioni Ca' Foscari. Disponível em: http://doi.org/10.30687/978-88-6969-564-3. Acesso em: 19 set. 2025.

PARDI, Tommaso (2020). Searching for Industrial Policy: The Long Decline of the French Automotive Industry. *In:* COVARRUBIAS, Alex; PEREZ, Sigfrido (Orgs.). *New Frontiers of the Automobile Industry.* London: Palgrave Macmillan, p. 113-135.

PARDI, Tommaso (2021). Prospects and Contradictions of the Electrification of the European Automotive Industry: The Role of European Union Policy. *International Journal of Automotive Technology and Management*, *21*, 162-179.

PAVLÍNEK, Petr *et al*. (2017). Foreign Direct Investment and the Development of the Automotive Industry in Eastern and Southern Europe. *Working Paper 2017.03*, ETUI, Brussels, p. 209-255.

SALVETTI, Dario; SCANNARELLO, Gea (2024). *Questo lavoro non è vita. La lotta di classe nel XXI secolo. Il caso GKN.* Milano: Fuoriscena.

SCARPA, Carlo (2010). Marchionne: tante dichiarazioni, una strategia. *lavoce.info*, 27 jul.

391

STRÖTZEL, Maximilian; BRUNKHORST, Christian (2019). Managing the Transformation of the German Automotive Industry. *In:* GALGÓCZI, Béla (Org.). *Towards a Just Transition: Coal, Cars and the World of Work.* Brussels: ETUI, p. 243-272.

SYNDEX (2021). Électrification de l'automobile et emploi en France. Étude pour la Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme. Jun. 2021. Disponível em: https://bit.ly/3SxLteX. Acesso em: 19 set. 2025.

UNRAE (2025). *Immatricolazioni di autovetture in Europa – dicembre 2024.* Disponível em: https://unrae.it/dati-statistici/immatricolazioni/7016/immatricolazioni-di-autovetture-in-europa-dicembre-2024. Acesso em: 19 set. 2025.

RESPOSTAS DOS SINDICATOS À INDÚSTRIA 4.0 EM MEIO AO CORPORATIVISMO E À RESISTÊNCIA[1]

Valeria Cirillo
Matteo Rinaldini
Jacopo S. Taccioli
Maria Enrica Virgillito

Introdução

O termo "Indústria 4.0" (doravante, I4.0) foi recentemente introduzido para designar um novo conjunto de artefatos tecnológicos que constituem o núcleo da chamada "fábrica inteligente". Esses artefatos se caracterizam por elevados níveis de automação, digitalização e interconexão. Sua difusão tem provocado uma série de mudanças tecnológicas e organizacionais no ambiente de trabalho das empresas manufatureiras, tanto em países industrializados quanto em economias em desenvolvimento (ver Cirillo *et al*., 2021c). O grau e a direção assumidos pela introdução dos artefatos da I4.0 — e a consequente transformação das rotinas organizacionais — resultam da interação entre empregadores e empregados. Nesse contexto, a existência de uma força de trabalho organizada, como os sindicatos, pode influenciar significativamente os padrões de adoção dessas tecnologias. Os sindicatos, em especial, têm desempenhado papel fundamental na implementação de práticas tecnológicas e organizacionais, conforme evidenciado por estudos recentes (Jürgens e Krzywdzinski, 2016; Smith e Vidal, 2019).

Este capítulo busca analisar como os sindicatos têm atuado diante da adoção de tecnologias da Indústria 4.0 no chamado "Vale do Motor Italiano" — um importante distrito industrial nos arredores de Bolonha, especializado nos setores de engenharia e automotivo. O foco recai tanto nas estratégias

1. Este capítulo é uma tradução de: CIRILLO, V.; RINALDINI, M., STACCIOLI, J.; e VIRGILLITO, M. E. (2023). Trade unions' responses to Industry 4.0 amid corporatism and resistance, originalmente publicado na PSL *Quarterly Review*, v. 76, n.305, p. 91-120. Disponível em: https://doi.org/10.13133/2037-3643/18083. Agradecemos a Carlo D'Ippoliti, editor da *PSL Quarterly Review*, por autorizar a republicação do artigo. Tradução do inglês: Regina Vargas.

de apoio à implementação tecnológica quanto nas formas de resistência sindical observadas nesse contexto.

A análise das estratégias adotadas pelos sindicatos frente às mudanças tecnológicas tradicionalmente se apoia em estudos sobre relações trabalhistas (Slichter *et al*., 1960; Litwin, 2013). Contudo, observa-se que, no contexto da Indústria 4.0, especialmente em sua fase mais recente, há uma carência de investigações que abordem de forma aprofundada o papel dos sindicatos nesse processo (Bosch e Schmitz-Kießler, 2020; Doellgast e Wagner, 2022). Diante deste cenário, este capítulo pretende preencher essa lacuna.

Nossa investigação empírica baseou-se em um ano de trabalho de campo intensivo, durante o qual realizamos entrevistas semiestruturadas com gerentes de nível médio (principalmente dos setores de recursos humanos, planejamento e pesquisa & desenvolvimento), trabalhadores, delegados sindicais e líderes sindicais locais. Estes líderes, além de coordenarem os delegados sindicais nas empresas, participaram de grupos focais que permitiram aprofundar as discussões sobre as estratégias sindicais diante da adoção de tecnologias da Indústria 4.0.

As questões centrais desta análise são: qual foi o papel dos sindicatos na gestão do processo de mudança tecnológica? De que forma os sindicatos facilitaram ou dificultaram a adoção de novas práticas organizacionais? Os sindicatos se fortaleceram com novas bases de negociação? Estão ampliando sua representatividade para incluir, por exemplo, trabalhadores *white-collar*?[2]

Para responder a essas questões, as entrevistas buscaram identificar o surgimento de práticas organizacionais associadas à Indústria 4.0, como a capacitação da força de trabalho (incluindo a designação de líderes de equipe), a rotação de funções, mecanismos de participação ativa dos trabalhadores (como o trabalho em equipe), programas de formação, além de esquemas de incentivos — tanto monetários quanto não monetários — e oportunidades de desenvolvimento de carreira.

A introdução das tecnologias da Indústria 4.0 abre um novo espaço para que os sindicatos influenciem as decisões de adoção tecnológica nas empresas. Esse novo escopo de atuação, contudo, pode gerar efeitos ambíguos,

2. N.R.T.: *White-collar*: "colarinho branco", designa trabalhadores que realizam atividades intelectuais ou administrativas, muitas vezes em escritório. São funções ligadas à gestão, serviços administrativos ou profissionais que exigem formação específica e envolvem trabalho não manual.

conforme as formas de governança adotadas. Por um lado, o envolvimento sindical pode fomentar tendências corporativistas, promovendo o alinhamento entre os objetivos dos trabalhadores e dos gestores. Por outro lado, pode contribuir para superar antigos dualismos — como a separação entre trabalhadores administrativos e operários — e fortalecer o papel dos trabalhadores na organização do trabalho. Exemplos observados nas empresas estudadas ilustram como essas dinâmicas se manifestam na prática.

Nossos achados devem ser interpretados à luz do enfraquecimento das relações trabalhistas na Europa (Ebbinghaus e Visser, 1999) e da erosão progressiva do poder sindical nas instituições da Zona do Euro (Rathgeb e Tassinari, 2022). Adotamos uma definição de corporativismo mais alinhada ao conceito gerencial, que se refere à regulação das relações entre capital e trabalho no nível da empresa, em contraste com o corporativismo societário, que busca mediar essas relações em âmbito social mais amplo (Brulin e Nilsson, 1991).

O conceito de corporativismo gerencial, no contexto deste estudo, possui dois principais significados. Em primeiro lugar, refere-se à formação da identidade do local de trabalho, marcada pela adesão dos trabalhadores à cultura corporativa da empresa. Em segundo lugar, diz respeito à capacidade das organizações de trabalhadores (como sindicatos) de mobilizar seus interesses coletivos para negociar ou contrapor decisões dos empregadores, buscando melhores condições ou proteção para os trabalhadores.[3]

O capítulo está estruturado da seguinte forma: na seção 1, abordamos a relação entre sindicatos e inovação, explorando aspectos históricos e teóricos, com ênfase em comparações com outros contextos europeus. Na seção 2, apresentamos os objetivos e a metodologia da pesquisa, além de uma breve descrição das empresas analisadas. Na seção 3, descrevemos os principais achados empíricos, destacando o papel dos sindicatos na adoção de tecnologias, na organização do trabalho e na gestão do tempo de trabalho. Na seção 4, apresentamos uma discussão crítica dos resultados obtidos. Por fim, nas Conclusões, os resultados são contextualizados em termos de representação sindical, das transformações nas relações e estruturas do local de trabalho, e do surgimento de novas dinâmicas entre diferentes grupos de trabalhadores.

3. Para uma discussão mais aprofundada sobre os aspectos macroeconômicos do corporativismo, recomenda-se consultar Alvesson (1991), tema que está fora do escopo desta pesquisa.

A relação entre sindicatos e inovação

Este capítulo investiga o papel dos sindicatos na adoção e implementação de inovações tecnológicas, com foco especial nas transformações trazidas pela Indústria 4.0. Embora não se proponha uma revisão exaustiva da literatura (ver Hyman e Streeck, 1988; Bamber e Lansbury, 2013; Davies, 2018), serão abordados três aspectos centrais: os principais fatores teóricos que explicam as diferentes respostas dos sindicatos à mudança técnica; a relevância da inovação tecnológica como espaço de negociação no contexto das relações trabalhistas italianas; e os novos papéis e escopos de atuação sindical decorrentes da digitalização, em comparação com outros países europeus.

Fatores por trás das respostas heterogêneas e tendências ao corporativismo gerencial

O papel dos sindicatos diante da adoção de novas tecnologias é dinâmico e depende tanto do contexto empresarial quanto do momento histórico. Em determinadas situações, sindicatos atuam como facilitadores da inovação, apoiando práticas de trabalho de alto desempenho (Gill, 2009; Gill e Meyer, 2013; Shaiken *et al*., 1997). Por outro lado, há casos em que os sindicatos se posicionam de forma contrária, dificultando a implementação de novas formas de coordenação que consideram ameaçadoras aos interesses dos trabalhadores (Herrigel e Sabel, 1999). Diversos fatores explicam a heterogeneidade das respostas sindicais à mudança tecnológica, entre eles:

- Contextos institucionais e características nacionais dos sistemas sindicais;
- Estrutura sindical local, refletida na capacidade de negociação e barganha diante de transformações tecnológicas;
- Aspectos contingentes das empresas, como o país de origem do grupo controlador (por exemplo, Alemanha, Itália ou Japão), o tipo de produção e os fatores de mercado, incluindo a distinção entre produtos de alto e baixo padrão, bem como personalizados ou padronizados.

Em meio à diversidade de fatores que influenciam a relação entre sindicatos e tecnologia, destaca-se uma tendência comum: a transformação dos

principais atributos e do escopo de atuação sindical, tanto no plano macro quanto no micro. Um exemplo emblemático é a transição dos sindicatos suecos do corporativismo societário — focado na preservação de direitos universais e na negociação salarial centralizada — para o corporativismo gerencial, voltado para o contexto da empresa. Estudos sobre o modelo sueco mostram que, até a década de 1980, predominava uma abordagem solidária e centralizada. Posteriormente, com a reorganização dos processos produtivos, os sindicatos passaram a atuar de forma mais localizada, influenciados por práticas como produção enxuta, especialização flexível, uso de *soft power*" (poder brando) e hierarquias achatadas (Brulin e Nilsson, 1991). Essa mudança, inspirada por modelos americanos e japoneses (Ouchi, 1982), teve forte impacto sobre o sindicalismo sueco, tornando-o mais orientado à atuação no nível da empresa e à negociação direta sobre a organização do trabalho.

Na Suécia, durante a década de 1970, início da fase pós-taylorista, foram implementadas novas formas de organização do trabalho. Destacaram-se experimentos baseados na abordagem sociotécnica, que promoviam a participação conjunta de empregados e empregadores na gestão das empresas. O objetivo era alcançar o corporativismo social e desenvolver uma "estratégia nacional de gestão sindical". Esses projetos iniciais, entretanto, foram descontinuados devido a divergências políticas. Em seu lugar, surgiram iniciativas unilaterais, conduzidas ora por empregadores, ora por sindicatos. Entre elas, destacam-se o programa Nova Fábrica, promovido pela Confederação Sueca de Empregadores e implementado em empresas como Saab e Volvo, e o projeto Demos, criado pelo Centro Sueco de Vida no Trabalho para viabilizar a Lei de Codeterminação de 1977. A busca por uma codeterminação efetiva no ambiente de trabalho, com o duplo propósito de aumentar a eficiência empresarial e melhorar as condições laborais, contou inclusive com apoio estatal, por meio de um Fundo para as Condições de Trabalho, que financiava e incentivava iniciativas locais de reorganização do trabalho (Brulin e Nilsson, 1991). Esse conjunto de transformações marcou a transição do corporativismo social para o corporativismo gerencial.

Em alguns casos, esses programas promoveram uma redução dos níveis hierárquicos, resultando na extinção de departamentos de supervisão. Isso possibilitou a formação de equipes de autogestão, nas quais os próprios trabalhadores assumem responsabilidades pela organização e execução das tarefas. Além disso, foi implementada a rotação de cargos, tanto em áreas administrativas quanto no chão de fábrica, favorecendo o desenvolvimento

de múltiplas competências. Como consequência, observou-se uma diminuição da distância entre trabalhadores *blue-collar*[4] e *white-collar*, promovendo maior integração e colaboração entre diferentes funções dentro da empresa.

No final da década de 1990, os sindicatos na Volvo não se limitaram a aceitar atualizações substanciais nos modelos de automóveis; eles também apresentaram propostas próprias e exerceram influência significativa nas decisões finais de produção. Os líderes sindicais, organizados em comissões tanto no nível da fábrica quanto dos departamentos, participaram ativamente dos projetos e receberam treinamento específico do Sindicato dos Metalúrgicos da Volvo, cujo programa de formação era adaptado às necessidades das oficinas (Nilsson, 1999, p. 475). Contudo, tais experiências — que dependiam da interação entre o contexto institucional, as características locais dos sindicatos e as especificidades das empresas — foram exceções. Na maioria das empresas suecas, acordos inovadores de trabalho como esses eram raros.

A transição gradual para o corporativismo gerencial também foi observada na indústria automotiva da Alemanha e do Canadá. Esse fenômeno se manifesta na atuação dos sindicatos e das comissões de trabalhadores diante da implementação dos Sistemas de Trabalho de Alto Desempenho (Rutherford e Frangi, 2021). Na Alemanha, desde a década de 1980, as comissões de trabalhadores desempenham um papel fundamental na aceitação e difusão de novos modelos produtivos. Por isso, foram descritas como "gerentes de crise, agentes de mudança e impulsionadoras da modernização" (Muller-Jentsch, 2008, p. 270). Essas comissões enfrentaram o desafio de promover a participação dos funcionários, ao mesmo tempo em que mantinham sua função de liderança nas novas hierarquias organizacionais. Com o tempo, muitas dessas comissões passaram a adotar interesses gerenciais, enquanto os sindicatos — especialmente o IG Metall — buscavam equilibrar a defesa dos interesses gerais dos trabalhadores com a representação dos cargos gerenciais, principalmente no caso dos trabalhadores temporários. Essa dinâmica contribuiu para acentuar o dualismo entre o centro e a periferia dentro das empresas (Holst, 2014).

4. N.R.T.: *Blue-collar* ou "colarinho azul" refere-se a trabalhadores que realizam atividades manuais, geralmente braçais, em setores como indústria, construção civil, fabricação, manutenção e mineração.

Sindicatos e mudança tecnológica no sistema de relações industriais italiano

Historicamente, as relações trabalhistas na Itália apresentam lacunas significativas em sua regulamentação, especialmente no que diz respeito à negociação coletiva sobre a introdução e implementação de inovações tecnológicas e organizacionais.

Segundo Della Rocca (1985), até meados da década de 1980, os acordos coletivos italianos não incluíam cláusulas específicas para regular a organização do trabalho e o bem-estar dos trabalhadores diante da introdução de novas tecnologias. A única exceção era o artigo 15 do acordo coletivo entre editores e impressores de jornais e agências de notícias registrados (Della Rocca, 1985, p. 33). Esse vácuo pode ser explicado por dois fatores principais: primeiro, o atraso da estrutura produtiva italiana na adoção de tecnologias da informação e comunicação, em comparação com outros países europeus, o que contribuiu para a ausência de regulamentação contratual; segundo, o caráter incremental da adoção tecnológica, voltado mais para solucionar problemas operacionais pontuais do que para promover atualizações tecnológicas radicais ou políticas industriais conduzidas pelo Estado.

A introdução e adoção de novos artefatos tecnológicos, bem como os problemas decorrentes desse processo, foram considerados tópicos secundários por sindicatos e gestores na maioria dos setores. O setor bancário, porém, representa uma exceção. Com a introdução do processamento eletrônico de dados (EDP) (Caselli, 1982), esse setor passou por mudanças tecnológicas significativas. Nesse contexto, o treinamento dos funcionários tornou-se uma estratégia central para evitar resistências da força de trabalho, evidenciando que o impacto direto da tecnologia no processo de trabalho foi levado em conta. Nos demais setores, as negociações se concentraram em temas mais amplos, como planos de produção e investimento, enfrentamento da falta de demanda interna, diversificação de produtos, estratégias para crises econômicas e, principalmente, questões salariais.

O acordo sobre novas formas de organização do trabalho e o uso dos chamados direitos de informação representaram avanços importantes na regulamentação contratual, contrariando a tendência predominante à época (Nacamulli, 1982). As "OdL" (*Organizzazioni del Lavoro* – organizações do trabalho) marcaram a primeira tentativa dos sindicatos italianos de negociar aspectos ligados à inovação tecnológica e à organização dos processos produtivos. Além disso, os acordos coletivos passaram a incluir os "diritti

di informazione" (direitos de informação), conquistados no final da década de 1970, que garantiram aos sindicatos o direito de serem informados sobre programas de investimento, adoção de novas tecnologias, decisões sobre descentralização da produção e mobilidade de trabalhadores. No entanto, a efetividade desses direitos variava conforme o porte da empresa, o setor de atuação e o grau de sindicalização, o que limitava sua aplicação prática em muitos casos.

Desde a década de 1980, os sindicatos do setor de metalurgia e engenharia — que, nos anos 1970, lideraram as negociações sobre as Organizações do Trabalho (OdL) — passaram a enfrentar um significativo estreitamento das possibilidades de negociação, tanto em nível nacional quanto local (RCS Open Lab, 2021). Apesar disso, a região geográfica analisada manteve uma tradição marcada pela alternância entre práticas conflituosas e participativas. Esse contexto favoreceu, no início da década de 1990, a formalização de comissões técnicas bilaterais de organização do trabalho, que permanecem ativas até hoje (Cetrulo e Moro, 2022). De modo geral, entretanto, o sistema italiano de relações trabalhistas se caracteriza pela ausência de negociação sobre a organização dos processos de trabalho e sobre inovações tecnológicas (Garibaldo, 1988).

O surgimento de novas práticas organizacionais inspiradas na filosofia da produção enxuta, no final da década de 1980 — como treinamento, participação dos trabalhadores, resolução de problemas, trabalho em equipe e esquemas de recompensas — não alterou a tendência predominante de exclusão dos sindicatos das negociações sobre mudanças organizacionais. Apesar de estarem no centro do modelo enxuto, essas práticas foram implementadas de forma gradual e, em geral, de maneira informal e unilateral pelos gestores, sem a devida negociação coletiva no setor manufatureiro italiano.

A crise econômica de 2008 representou um marco importante para as relações trabalhistas, pois impulsionou a inclusão, nos acordos empresariais, de negociações voltadas para planos de produção mais flexíveis, capazes de responder às oscilações do mercado. Nesse contexto, práticas como a produção enxuta e o atendimento *just-in-time* passaram a exigir novos arranjos de trabalho, tais como contratos em tempo parcial, horários flexíveis, reorganização de turnos e, em alguns casos, a adoção do teletrabalho (Ponzellini, 2017).

A abordagem funcionalista (ver, entre outros, Ponzellini, 2013) atribui o atraso nas negociações sobre a organização flexível dos processos de trabalho a fatores culturais específicos dos sindicatos italianos, especialmente à predominância de uma cultura ideológica conflituosa (Campagna e Pero, 2011; Ponzellini e Della Rocca, 2015). Segundo Pero e Ponzellini (2015), o princípio da participação dos funcionários na manufatura enxuta — um dos pilares das chamadas "práticas de trabalho de alto desempenho" — é fundamental para o desenvolvimento de um novo sistema de relações trabalhistas no nível da fábrica, no qual os trabalhadores assumem um papel central.

Perspectivas alternativas sobre sindicatos e Indústria 4.0

Seguindo a abordagem funcionalista mencionada anteriormente, a Indústria 4.0 atua como uma alavanca para acelerar a implementação da produção enxuta. Isso ocorre porque as tecnologias digitais e a automação avançada permitem níveis elevados de integração tanto dentro das empresas quanto entre diferentes organizações, baseando-se na lógica de produção puxada pela demanda ("*pull logic*") e na gestão da qualidade total (Tortorella e Fettermann, 2018; Buer *et al*., 2018). No âmbito da organização do trabalho, as tecnologias da I4.0 — como sistemas de coleta de dados, alta capacidade de processamento, velocidade na transmissão de informações, flexibilidade e usabilidade (Liao *et al*., 2017) — criam condições para uma flexibilidade e autonomia sem precedentes, promovendo a descentralização das decisões (Wang *et al*., 2016). Além disso, a Indústria 4.0 oferece uma oportunidade para revitalizar sistemas de negociação coletiva que se encontravam estagnados. Nesse novo contexto, os sindicatos podem assumir papéis inovadores, atuando como canais de comunicação entre gestores e trabalhadores e facilitando a digitalização dos processos produtivos no nível da fábrica.

Os desafios enfrentados pelos sindicatos decorrem de ambientes de mercado cada vez mais competitivos, dos atrasos na adoção de novas tecnologias e das tensões inerentes à implementação de modelos de produção enxuta. Além disso, mudanças culturais podem gerar atritos entre as aspirações dos trabalhadores e os resultados efetivamente alcançados. Por outro lado, esse cenário também abre oportunidades: destaca-se a necessidade de superar a tradicional postura conflituosa e adotar uma abordagem mais participativa e colaborativa. Assim, os sindicatos podem assumir um papel ativo na mediação de informações e na construção de consensos entre trabalhadores e

gestores. Nesse contexto, prevê-se uma transformação radical dos sindicatos, que tendem a deixar de ser instituições de atuação predominantemente macroeconômica (Streeck, 1998) para se tornarem atores relevantes no âmbito das empresas.

Em consonância com a nova orientação corporativista dos sindicatos, um estudo recente sobre a relação entre a Indústria 4.0 e as comissões de trabalhadores no setor manufatureiro alemão (Haipeter, 2020) destaca uma série de novas iniciativas. Entre elas, estão a criação de comissões e o fortalecimento da cooperação entre empregadores e representantes sindicais. Os desafios trazidos pela Indústria 4.0 — como a instabilidade no emprego, a reorganização do trabalho e o risco de desqualificação — exigem práticas mais colaborativas. O projeto *Work2020* (Haipeter, 2020) ilustra esse novo papel das comissões, que passam a atuar desde a consulta às empresas para mapear a digitalização, até a formulação de estratégias e a promoção de acordos em nível de fábrica.

O projeto *Work2020* destaca o envolvimento significativo dos delegados sindicais na organização do trabalho, na definição de hierarquias e na implementação de novas tecnologias, além de abordar questões como treinamento ocupacional e condições de trabalho (Armaroli, 2019). Na Alemanha, observa-se que o local de trabalho tem ganhado importância como espaço central de negociação coletiva. Na Itália, iniciativas semelhantes buscam transferir a negociação do nível nacional ou setorial para o âmbito das empresas (Armaroli e Spattini, 2018; Harbecke e Filipiak, 2018). Esse movimento exige uma postura mais proativa das comissões de trabalhadores diante da transformação digital, bem como o fortalecimento da participação institucional dos funcionários, por meio de práticas voltadas à capacitação dos representantes sindicais.

Da mesma forma, o estudo de Genz *et al.* (2019) oferece uma base empírica para analisar como a representação dos trabalhadores, por meio de comissões em nível de estabelecimento, influencia a adoção de tecnologias digitais nas empresas alemãs. Utilizando o Painel de Estabelecimentos do *Institut für Arbeitsmarkt* (IAB) e dados administrativos da força de trabalho, os autores investigam o impacto dessas comissões na implementação de inovação digital. O estudo identifica que, de modo geral, a presença de comissões de trabalhadores está associada a uma menor adoção de equipamentos digitais. No entanto, em empresas com grande número de trabalhadores em atividades

fisicamente exigentes, as comissões tendem a apoiar a digitalização, atuando como mediadoras entre empregadores e empregados.

Por outro lado, há contribuições empíricas e teóricas que criticam a chamada cultura participativa do sistema de produção enxuta. Segundo esses autores, tal cultura se restringe a tarefas de nível microorganizacional, sem permitir que funcionários e seus representantes participem efetivamente das decisões gerenciais (Antonioli e Pini, 2005). Além disso, essa abordagem não está associada ao aumento da autonomia dos trabalhadores (Cirillo *et al.*, 2021c). Essas análises críticas consideram a Indústria 4.0 como uma continuidade de um paradigma que enfraquece o poder dos sindicatos, ressaltando a necessidade de mobilização dos trabalhadores e de uma atuação sindical mais confrontativa. Entre os principais desafios estão o desemprego tecnológico, a intensificação e desqualificação das tarefas, a saturação do tempo de trabalho, mudanças organizacionais, desintegração da cadeia de valor, pressão do mercado e alterações na composição e identidade da força de trabalho. Apesar desses obstáculos, há espaço para reação e resistência frente às novas formas de exploração trazidas pela Indústria 4.0. Objetivos como "negociar o algoritmo", reconstruir a representação coletiva, recompor uma força de trabalho diversificada e negociar amplamente sobre organização, projeto e implementação tecnológica são viáveis e devem ser perseguidos (Moore *et al.*, 2018).

Esses estudos geralmente se concentram nas consequências da digitalização para os trabalhadores, especialmente no contexto da adoção generalizada dessas tecnologias. Destacam-se mecanismos de controle digital sobre o processo de trabalho, como o monitoramento contínuo do desempenho, a implementação de esquemas de recompensa e a utilização dos dados coletados para fins disciplinares (Moro *et al.*, 2019; Tubaro e Casilli, 2019; Cetrulo e Nuvolari, 2019).

Nesse contexto de vigilância generalizada, Moore *et al.* (2018) descrevem formas de resistência lideradas pelos sindicatos, bem como outras respostas institucionais. Em diversos países, sindicatos têm elaborado diretrizes, políticas e códigos de prática para lidar com a digitalização no ambiente de trabalho, incluindo propostas para atualizar a legislação sobre proteção de dados e privacidade dos trabalhadores. Apesar desses avanços, a negociação coletiva entre múltiplas empresas ainda carece de regulamentação específica sobre privacidade e uso de tecnologia. Mesmo assim, os sindicatos têm conseguido negociar algumas medidas de proteção contra o uso

indiscriminado de tecnologias digitais no local de trabalho (Moore *et al*., 2018, p. 33-34).

Na Bélgica, por exemplo, o Acordo Coletivo Nacional de 2002 limita o uso de dados digitais pelas empresas, protegendo a privacidade dos trabalhadores. Na Suécia, a atuação dos sindicatos foi fundamental para a aprovação, em 2014, de uma lei que protege os trabalhadores contra o estresse causado por tecnologias no ambiente de trabalho. Já na França, os sindicatos apoiaram a inclusão da chamada cláusula do "direito à desconexão" na reforma trabalhista de 2016, garantindo aos trabalhadores o direito de se desligar de dispositivos digitais fora do expediente. Na Dinamarca, foi firmado um acordo para regular novas formas de monitoramento no local de trabalho. Esses exemplos ilustram como os sindicatos europeus têm atuado ativamente para limitar o monitoramento e o controle exercidos unilateralmente pelas empresas por meio de tecnologias digitais.

A literatura empírica sobre o tema, tanto qualitativa quanto quantitativa, é limitada e concentra-se principalmente em analisar a relação entre práticas de participação dos funcionários e grandes mudanças tecnológicas e organizacionais no ambiente de trabalho (Addison, Schnabel e Wagner, 2001; Addison *et al*., 2017). Poucos estudos abordam de forma aprofundada o papel dos sindicatos ao longo do processo de mudança tecnológica, desde a concepção até a implementação das inovações. Essa lacuna se torna ainda mais evidente diante da recente onda de transformação impulsionada pela Indústria 4.0, cuja pesquisa empírica é dificultada pela escassez de dados quantitativos e pelo fato de a adoção dessas tecnologias estar concentrada em um número restrito de grandes empresas.

Com base em dados recentes sobre empresas italianas, Cirillo *et al.* (2023) observam que a adoção de tecnologias da Indústria 4.0 ocorre de forma fragmentada, predominando a implementação isolada de soluções tecnológicas em vez de estratégias integradas que combinam múltiplos artefatos complementares. Os acordos coletivos firmados no âmbito das empresas estão positivamente relacionados ao aumento dos investimentos em Indústria 4.0, especialmente no setor industrial e entre pequenas e médias empresas. No entanto, os dados disponíveis não esclarecem o papel dos sindicatos nas negociações para a introdução dessas novas tecnologias, tampouco detalham o conteúdo das negociações realizadas em nível local. Este estudo busca suprir essa lacuna, apresentando evidências empíricas sobre

como os sindicatos atuam na negociação e implementação de tecnologias da Indústria 4.0.

Objetivos e metodologia da pesquisa

A análise empírica tem como objetivo principal investigar três aspectos: (i) a relação dos sindicatos com o processo de mudança tecnológica, diferenciando as fases de projeto e implementação; (ii) o papel dos sindicatos na organização do trabalho; e (iii) as respostas e atitudes dos sindicatos diante das transformações em curso. A escolha desses domínios reflete o interesse em compreender como os sindicatos atuam de forma efetiva frente às mudanças tecnológicas e organizacionais. Além disso, buscamos identificar se há dicotomias entre práticas participativas e conflituosas, bem como avaliar o papel dos delegados sindicais — seja como canais de transmissão de decisões gerenciais, seja como representantes das reivindicações coletivas dos trabalhadores — e o alcance dessas ações na recomposição de uma força de trabalho fragmentada.

Na Europa, observa-se uma tendência à descentralização das negociações coletivas, embora existam diferenças significativas entre os países. É nesse contexto que se insere nossa análise. A partir da segunda metade do século XX, a maioria dos países europeus passou a adotar sistemas híbridos de negociação coletiva. Nesses sistemas, acordos multiempresariais, negociados de forma centralizada, coexistem com acordos individuais firmados diretamente entre empresas e sindicatos no nível local. Esses acordos locais permitem, inclusive, a derrogação de certas disposições estabelecidas nos acordos centrais, ou seja, podem flexibilizar regras previamente definidas (Braakmann e Brandl, 2016). No norte da Europa, predomina o modelo descentralizado, com destaque para a flexigurança e práticas ágeis de negociação. Na Alemanha, apesar da relevância histórica da negociação regional ou setorial para definir padrões industriais, esse modelo tem perdido força devido à crescente adoção de cláusulas de derrogação (Doellgast e Greer, 2007). Já na França, observa-se uma ampliação das negociações locais, o que enfraquece o princípio da favorabilidade — isto é, a regra segundo a qual o acordo mais benéfico ao trabalhador deve prevalecer (Béthoux e Mias, 2021). Na Itália, por sua vez, a negociação de segundo nível está consolidada principalmente nas grandes empresas, que representam uma parcela reduzida do setor produtivo nacional (Leonardi e Pedersini, 2018).

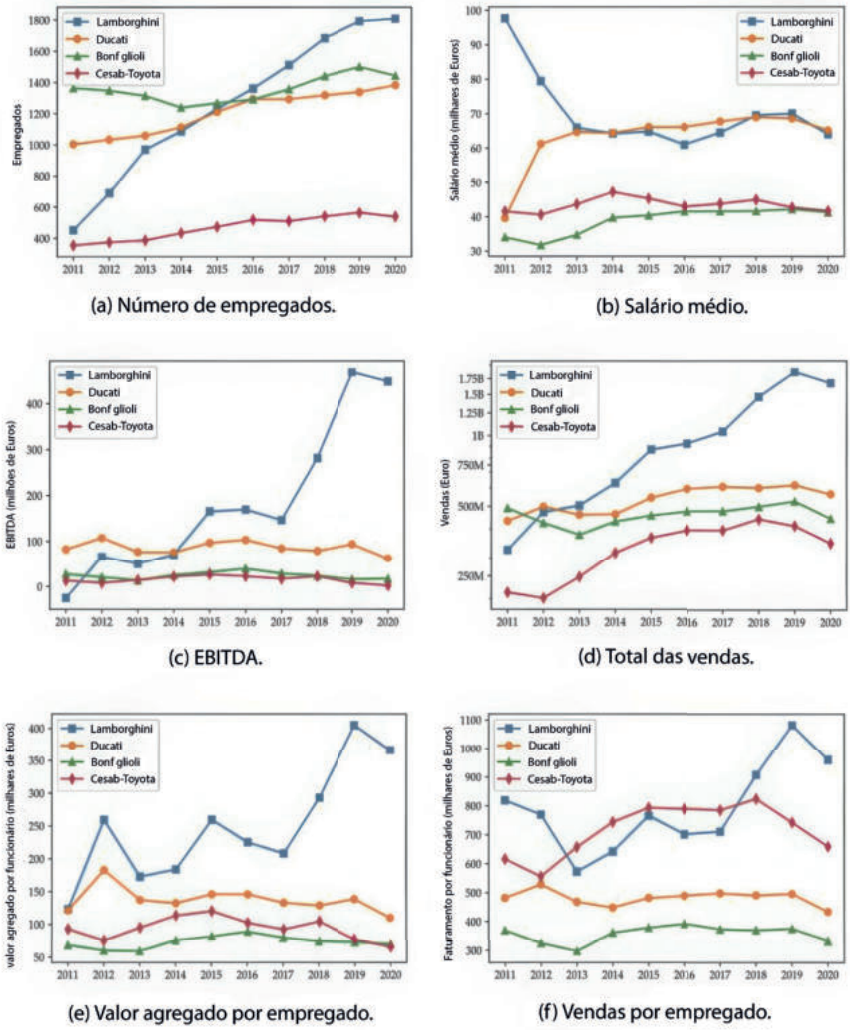
Estratégia de seleção de casos

Nossa análise baseia-se principalmente em entrevistas semiestruturadas realizadas em quatro empresas automotivas localizadas nos arredores de Bolonha: Bonfiglioli Riduttori SpA (doravante, Bonfiglioli), Toyota Material Handling Manufacturing Italy SpA (anteriormente conhecida como Cesab, doravante Cesab-Toyota), Ducati Motor Holding SpA (Ducati) e Automobili Lamborghini SpA (Lamborghini). Esses quatro casos ilustram diferentes modelos organizacionais: Bonfiglioli representa a empresa familiar italiana; Cesab-Toyota adota o toyotismo japonês; Ducati combina elementos de taylorismo e codeterminação; e Lamborghini apresenta uma experiência próxima ao modelo alemão de "Mitbestimmung" (cogestão entre trabalhadores e empregadores).

O estudo dessas empresas integra um programa de pesquisa mais amplo, realizado entre 2016 e 2018 pela Fundação Claudio Sabattini, sob encomenda da *Federazione Impiegati Operai Metallurgici* (FIOM-CGIL), uma das principais centrais sindicais italianas. O programa contou com a participação de pesquisadores de diversas universidades e institutos de pesquisa. Seu objetivo principal foi analisar as tendências recentes na organização e nas condições de trabalho, especialmente diante da introdução de tecnologias associadas à Indústria 4.0. Para atender aos objetivos e à metodologia do projeto, foram selecionadas, com o apoio de especialistas, líderes sindicais e acadêmicos, algumas empresas de engenharia consideradas tecnologicamente avançadas. Essas "empresas focais" constituem os estudos de caso apresentados neste capítulo.

Apesar das diferenças aparentes, as empresas selecionadas apresentam alto grau de comparabilidade, especialmente em função de sua localização geográfica e de três características principais. Primeiro, todas produzem bens de alta qualidade (caso de Ducati e Lamborghini) ou altamente personalizados (Bonfiglioli e Cesab-Toyota). Segundo, todas implementaram tecnologias da Indústria 4.0 e adotaram práticas de produção enxuta, além de serem consideradas grandes dentro do setor manufatureiro italiano. Terceiro, as quatro empresas possuem desempenho corporativo semelhante, considerando indicadores como remuneração, número de funcionários, lucratividade, vendas e valor agregado por colaborador (ver Figura 1).

Figura 1 – Medidas selecionadas de desempenho corporativo (2012-2019)



Fonte: AIDA (BvD).

Além disso, todas são sindicalizadas sob a mesma organização, a FIOM, que reúne quase 100% dos trabalhadores sindicalizados e delegados sindicais dessas empresas. A seleção dos casos levou em conta dois fatores: o alto nível de acessibilidade do sindicato às instalações e a adoção efetiva de tecnologias da Indústria 4.0. O grau de comparabilidade entre as empresas é evidenciado pela desagregação do código NAICS (*North American Industry Classification*

System) de seis dígitos, apresentada na Tabela 1. Todas pertencem ao código principal 33, indicando baixa variabilidade setorial em relação aos produtos.

Tabela 1 – Desagregação do código de seis dígitos Naics dos setores de atividade das empresas em estudo

Empresa	Núcleo Naics	Descrição	Naics primário	Descrição
Lamborghini	3361	Fabricação de veículos automotores	336111	Fabricação de automóveis
			336112	Fabricação de caminhões leves e veículos utilitários
			336120	Fabricação de caminhões pesados
			336213	Fabricação de Motor Homes
Ducati	3369	Outros transportes Fabricação de equipamentos	336991	Fabricação de Motocicleta, Bicicleta e Peças
Cesab-Toyota	3339	Outros fins gerais Fabricação de máquinas	333921	Fabricação de Elevador e escada rolante
			333922	Fabricação de Transportador e equipamento de transporte
			333923	Fabricação de Ponte rolante, talha e de sistemas de monotrilho
Bonfiglioli	3329	Outros metais fabricados Fabricação de produtos	332991	Fabricação de rolamentos de esferas e rolos
			333612	Fabricação de Trocador de velocidade, acionamento industrial de alta velocidade e de engrenagens

Fonte: Orbis BvD.

Dos quatro estabelecimentos analisados, três pertencem atualmente a corporações estrangeiras. Apesar disso, a região da Emília-Romagna, onde se localiza Bolonha, já contava com uma forte tradição sindical antes dessas aquisições, evidenciada pelo histórico das relações trabalhistas locais. A FIOM, sindicato metalúrgico, exerce influência significativa desde a década de 1960, especialmente durante o chamado "Outono quente"[5] italiano – período marcado por

5. *Autunno caldo* como ficou conhecido o período marcado por grandes greves de operários das fábricas e centros industriais do Norte da Itália em 1969-70, em que os trabalhadores exigiam melhores salários e condições de trabalho. (NT)

intensas mobilizações e greves operárias (Cetrulo e Moro, 2022). Todas as empresas do estudo mantêm negociações coletivas em nível local (segundo nível), por meio de acordos comparáveis firmados pela FIOM-Bolonha.

Análise do trabalho de campo

Os quatro estudos de caso analisados tiveram início com uma série de grupos de discussão entre pesquisadores e delegados sindicais das empresas envolvidas. Foram realizados três grupos, cada um com cerca de doze participantes, com os seguintes objetivos: explorar preliminarmente as questões de interesse junto aos representantes sindicais; reconstruir o layout das fábricas e seus fluxos de trabalho; identificar potenciais entrevistados; construir os canais de acesso necessários para os pesquisadores.

O acesso dos pesquisadores às instalações das empresas foi mediado pelo sindicato. Entretanto, a seleção dos entrevistados buscou incluir também trabalhadores não sindicalizados, garantindo equilíbrio entre os diferentes departamentos.

Posteriormente, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com as pessoas identificadas. Neste capítulo, analisamos um conjunto de 49 entrevistas com trabalhadores nas quatro plantas, distribuídas de acordo com a tabela 2. Uma lista não exaustiva de tópicos abordados durante as entrevistas inclui o nível contratual, trajetórias de carreira, tarefas executadas e processo de trabalho, inovação e adoção tecnológica, relacionamento homem-máquina, treinamento formal e informal, ergonomia, práticas de gestão e organização do trabalho, formas de recrutamento, filiação sindical e relacionamento com delegados sindicais, formas de resistência (como greves), conteúdo de acordos contratuais em nível de empresa. O grupo de trabalhadores entrevistados é heterogêneo em termos de departamentos, variando de projeto de processos, P&D, linha de montagem, controle de qualidade, testes, logística, até compras e vendas. Além disso, há diferentes níveis contratuais e funções (operador comum,[6] líder de equipe), abrangendo trabalhadores *blue-collar* e *white-collar*[7] com antiguidade variando de cinco a 25 anos.

6. O termo "operador comum" deriva da palavra italiana "operatore" – trabalhador/operário. O termo "comum" visa distinguir esses trabalhadores dos líderes de equipe.

7. Trabalhadores *white-collar* estão, na verdade, sub-representados em nossa amostra. As transformações que envolvem seus processos de trabalho geralmente se confundem com a crescente padronização de horários e procedimentos ditada pela interação com a rede em que operam, composta pela sede da corporação transnacional, clientes e fornecedores. A seguir, relatamos principalmente os resultados dos trabalhadores *blue-collar*.

As entrevistas foram realizadas diretamente nas fábricas, em espaços disponibilizados pela empresa ou pelos delegados sindicais. Antes das entrevistas, os pesquisadores visitaram diferentes áreas e departamentos das plantas, o que permitiu observar de perto o estado atual da tecnologia e a organização do trabalho. Além das entrevistas com trabalhadores, foram conduzidas seis entrevistas adicionais com gestores e funcionários técnicos, selecionados conforme as características específicas de cada fábrica. Esse processo também possibilitou a coleta de documentos comerciais e outras publicações relevantes para a pesquisa.

Tabela 2 — Classificação dos entrevistados por empresa, departamento e tarefa

Empresa	**Departamento** *	**Tarefa** *
Bonfiglioli	linha de montagem	conjunto de caixa de engrenagens (x2)
	usinagem mecânica	aperto de parafusos (x2)
		operador de máquina de retificação
	logística	gestão de armazém (x4)
		relações com provedores
	controle de qualidade	logística
		controle de qualidade intermediário
		controle de qualidade final
		controle de qualidade de fornecimento
	planejamento de produção	integração de novas tecnologias
		planejamento de montagem
		Cronograma de produção e métodos de produção
	manutenção	Manutenção de máquinas
	escritório de reclamações	tratamento de reclamações
Cesab-Toyota	personalização da linha de montagem	montagem de veículos (×2)
		instalação de cabine e adições personalizáveis
		soldagem de cabine
	logística	manuseio de suprimentos recebidos
	armazém	suprimentos para linha de montagem
	controle de qualidade	controle de qualidade intermediário

Continua.

Tabela 2 – (Continuação)

Empresa	Departamento *	Tarefa *
Ducati	linha de montagem	conjunto do motor (×2)
		montagem de veículos (×4)
	design de processo	projetista de produção de motores
	P&D de produtos	serviço de sala de testes de motores
	controle de qualidade	controle de qualidade do processo
	testes	test drive
Lamborghini	linha de montagem	conjunto do motor
		montagem de veículos (×2)
	compósitos de fibra de carbono	laminação de fibra de carbono
		montagem de concha
	centro pré-série	desenvolvimento de processo de fibra de carbono
	P&D de processos	Implementação MES
		desenvolvimento de interface homem-máquina
	departamento de compras	compra de peças
	controle de qualidade	controle de qualidade final
	departamento de vendas	franquia e desenvolvimento de negócios
	"força-tarefa"	controle de qualidade de suprimentos recebidos
	"equipe de torque"	controle de chaves de torque
	desenvolvimento de protótipos	industrialização de processos

Fonte: Elaboração própria.

Nota: * no momento da entrevista.

A coleta dos dados para esta pesquisa estendeu-se por aproximadamente um ano, resultando em um corpus composto principalmente por entrevistas semiestruturadas e documentos internos das empresas analisadas. Para examinar esse material, adotamos o referencial teórico apresentado anteriormente e realizamos uma análise detalhada do conteúdo textual, utilizando um sistema de codificação em três níveis (ver Tabela 3), que permitiu organizar os dados de acordo com temas, subtemas e categorias específicas. O processo de análise foi conduzido de forma iterativa, ou seja, os dados foram constantemente revisitados à medida que novos padrões e interpretações emergiam. Essa abordagem buscou identificar nuances e desdobramentos relevantes que

pudessem desafiar interpretações prévias sobre o contexto estudado, conforme sugerido por Alvesson e Karreman (2011).

Tabela 3 – Esquema de codificação de entrevistas em três níveis

Código de 1º nível	**Código de 2º nível**	**Código de 3º nível**
mudança tecnológica e organizacional	mudança nas tarefas	processos de requalificação
		processos de desqualificação
	programas de formação ligados à introdução da tecnologia I4.0	programas de treinamento específicos
	tecnologia e relações trabalhistas	papel dos sindicatos
		percepção dos sindicatos como ociosos e inúteis
		teletrabalho visa alinhar os interesses dos empregados e dos sindicatos
		dificultando as perspectivas de carreira dos trabalhadores sindicalizados
	Aplicações da tecnologia I4.0	relação homem-máquina
		MES (*Manufacturing Execution System*) visa monitoramento e ganhos de eficiência
		IoT (*Internet of Things*) voltada para coleta de dados e riscos relacionados
		relação processo-produto
		robôs colaborativos e sua ergonomia
	mudança organizacional	mudança na estrutura de propriedade
		introdução de novas linhas de produção e produtos

Continua.

Tabela 2 – (Continuação)

caracterização de líderes de equipe	modularidade hierárquica da gerência intermediária	
	estrutura hierárquica e especificidades departamentais	
	multifuncionalidade e competição com delegados sindicais	competências como base para a autoridade
		função hierárquica
		função de *coaching*
		avaliação da função de resolução de problemas
		função de integração de equipe
		função motivadora
		competição com delegados sindicais
	chefe de departamento: o topo da gerência intermediária	referência hierárquica para função de recrutamento de líderes de equipe
		função de avaliação
	trabalhadores multifuncionais	função de resolução de problemas
rotação de trabalho	frequências diferentes	sistemas fracos de rotação de empregos
		sistemas estruturais de rotação de cargos
	metas e objetivos	bem-estar
		eficiência
		tensão de fluxo de produção
	problemas potenciais	
sistemas de avaliação de desempenho	contratual	discrição na atribuição de atualização de nível
	elevação de nível como incentivo individual	clareza dos critérios de avaliação
	figuras influentes	influência do líder de equipe (não formalizada)
	flexibilidade, incentivos monetários e sistema de benefícios da empresa	incerteza sobre incentivos monetários
		Sistema de benefícios da empresa e "trabalho inteligente" (trabalho remoto)

Continua.

Tabela 3 – (Continuação)

caminhos de mobilidade	mobilidade vertical limitada	ambiguidade e discricionariedade nas atualizações de nível
		nomeação de líderes de equipe de forma discricionária
		critérios de mobilidade vertical pouco claros e não formalizados
		caminhos de mobilidade vertical raros e desafiadores
	forte mobilidade vertical	avanços rápidos na carreira
	mobilidade horizontal	mobilidade entre diferentes departamentos
dispositivos de participação dos trabalhadores	difusão do conhecimento	formalização dos procedimentos de coleta de sugestões
		percepção de ser ouvido e rapidez na implementação de melhorias
	atribuição de responsabilidades aos trabalhadores	suavidade do fluxo de conhecimento entre diferentes departamentos
	difusão de práticas de trabalho em equipe	estrutura do trabalho em equipe presença do trabalho individual entre trabalhadores *white-collar*
	relação trabalhador-empresa	alinhamento dos objetivos da empresa e dos trabalhadores
		opinião dos sindicatos

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com a metodologia delineada, as entrevistas, a coleta de outros materiais informativos e o processo de análise não seguiram o princípio da representatividade estatística, mas sim da saturação conceitual. Nosso objetivo, portanto, não é formular generalizações causais propriamente ditas.

Resultados empíricos

Nesta seção, apresentamos os resultados empíricos de nossa pesquisa. Inicialmente, trazemos uma síntese das evidências coletadas em nível de fábrica. Em seguida, detalhamos os achados em nível de trabalhador, por meio de trechos traduzidos das entrevistas, organizados conforme os principais domínios de análise: tecnologia, organização do trabalho e tempo de trabalho, e respostas gerais dos sindicatos.

Evidências em nível de fábrica

A Tabela 4 apresenta um panorama detalhado das tecnologias da Indústria 4.0 implementadas e das principais práticas organizacionais adotadas pelas empresas analisadas no período do trabalho de campo.

Tabela 4 – Implementação específica da tecnologia e de práticas organizacionais da Indústria 4.0 nas empresas do nosso estudo de caso

	Bonfiglioli	**Cesab-Toyota**	**Ducati**	**Lamborghini**
Tecnologia da Indústria 4.0	- *Software* **MES** **- AGV (veículos guiados automaticamente)** **- robôs colaborativos**	- Utensílios digitais (p. ex., chaves de torque) e suas análises de dados - comunicação interna digital via tablets - impressão 3D (prototipagem) – *software* ERP – (planejamento de recursos empresariais) comunicação M2M	- Utensílios digitais (p. ex., chaves de torque) e suas análises de dados - fábrica parcialmente sem papel - impressão 3D - *pick-to-light* - configuradores virtuais - AGV - robôs colaborativos - comunicação M2M	- IoT - análise de *big data* (em estágio inicial) - *software* MES - AGVs - robôs colaborativos - comunicação M2M
Práticas organizacionais	- Introdução de rotação de funções - ausência de equipes de trabalho - chefe de departamento, hierarquias fortes	- Rotação de tarefas - asaichis - kaizen - andon - hierarquias: líderes de equipe e trabalhadores multifuncionais/híbridos	- Rotação de tarefas - *briefing* - processos de melhoria contínua (GMK) - prêmios individuais de erro zero - líder de equipe, hierarquias híbridas	- Rotação de tarefas - reuniões de equipe - processos de melhorias contínuas (gestão de ideias) - matriz de flexibilidade - boletim de desempenho - líder de equipe, hierarquias flexíveis

Fonte: Elaboração própria.

Bonfiglioli

A Bonfiglioli é uma fabricante de caixas de engrenagens e outros componentes de transmissão, que em 2019 registrou faturamento de 630 milhões de euros e empregava 1.501 pessoas. Durante o período das entrevistas, a empresa estava em transição, migrando de um sistema tradicional de gestão de estoques para o modelo *just-in-time*, embora ainda não tivesse implementado um *takt time* rigoroso — ou seja, um ritmo de produção totalmente alinhado à demanda. O processo produtivo envolve diversas etapas de baixo valor agregado, como o transporte de equipamentos e componentes. Após um longo período de estagnação iniciado com a crise de

2008, marcado por redução do tempo de trabalho individual e excesso de capacidade ociosa, a Bonfiglioli buscou reverter esse cenário por meio de novos investimentos e estratégias de gestão, destacando-se o projeto "EVO".

A organização interna da empresa reflete uma recente mudança de propriedade, permanecendo, contudo, sob o controle da família Bonfiglioli. O fundador, descrito como um mestre esclarecido de perfil tradicional, transferiu o comando para sua filha, que apresenta uma abordagem mais orientada ao mercado e aberta à gestão moderna. Apesar de existir um ambiente geral construtivo, observa-se que muitas práticas de participação organizacional ainda são pouco desenvolvidas. Entre os trabalhadores, há um forte senso de solidariedade, o que gera resistência a esquemas de incentivo que promovam a competição interna. A rotação de cargos não é comum: muitos funcionários desempenham as mesmas funções há anos. Em diferentes etapas da produção, predominam tarefas repetitivas e, frequentemente, bastante árduas, especialmente para as mulheres. Além disso, a comunicação entre os trabalhadores é limitada, e o conhecimento sobre o processo produtivo como um todo é restrito. Essa baixa rotatividade faz com que a produção dependa fortemente do conhecimento individual. Assim, em determinados departamentos, a ausência de um único trabalhador pode interromper o fluxo produtivo.

Os esquemas de avaliação de desempenho não são claramente definidos, e a mobilidade horizontal e vertical dos funcionários é regulada por práticas discricionárias. Não existe uma política formal que incentive a participação dos trabalhadores no desenvolvimento dos processos produtivos. O trabalho em equipe foi introduzido recentemente. Apenas alguns funcionários, especialmente técnicos de manutenção, receberam treinamento vertical, que consiste em aulas formais. No entanto, essa prática não é comum e depende das funções desempenhadas e da relevância para o processo produtivo. A empresa não possui um sistema formal para coletar sugestões dos trabalhadores visando melhorias no sistema de produção. Além disso, a estrutura hierárquica permanece bastante rígida.

Cesab-Toyota

A Cesab-Toyota fabrica empilhadeiras e outros pequenos veículos de movimentação de materiais, como transpaleteiras manuais e rebocadores leves. Em 2019, as receitas somavam 506 milhões de euros e a empresa contava com 542 funcionários. Desde 2001, a Cesab-Toyota é uma subsidiária do

grupo Toyota. Essa aquisição marcou a introdução do chamado Sistema de Produção Toyota e a implementação do "modo Toyota" no nível da fábrica. Também marcou uma maior diversificação e personalização da gama de produtos. Do ponto de vista organizacional, algumas mudanças substanciais ocorreram recentemente, incluindo a eliminação de "ilhas" de manufatura na fábrica, substituídas por uma linha de montagem contínua; redução significativa dos estoques; implementação do sistema *kanban*, que utiliza sinalizadores para controlar o fluxo de produção; reorganização das estações de trabalho e adoção do método "5S" (*sort*, *set in order, shine, standardize, sustain* — classificar, organizar, limpar, padronizar e manter); introdução de processos de melhoria contínua; reestruturação dos níveis hierárquicos na divisão de manufatura, com a criação da função de líder de equipe e valorização dos trabalhadores multifuncionais. As equipes variam entre 10 e 25 trabalhadores, dependendo do departamento.

Uma das principais transformações recentes foi a adoção do conceito de fluxo de produção "tenso", caracterizado pela redução de estoques e pela sincronização rigorosa entre produção e demanda. Atualmente, a fábrica produz cerca de 75 empilhadeiras por dia, com prazo médio de entrega de aproximadamente uma semana após o pedido. Para viabilizar essa agilidade, a integração com fornecedores externos — a maioria localizada a até 200 km da fábrica — tornou-se fundamental, permitindo maior personalização dos produtos e redução do tempo total de fabricação. Foram criadas equipes de coordenação específicas para fortalecer essa integração e implementar os princípios da produção enxuta também entre os fornecedores. Como resultado, o fluxo de produção tenso, aliado ao sistema Toyota de produção, possibilitou uma redução significativa do *takt-time* no departamento de inspeção: de 19 minutos em três estações de trabalho em 2007 para 6,5 minutos em cinco estações atualmente. No entanto, essa evolução trouxe como consequência a intensificação dos horários de trabalho e da flexibilidade, exigindo dos trabalhadores jornadas mais longas e maior capacidade de adaptação às novas demandas produtivas.

Ducati

Ducati, fabricante de motocicletas de alto padrão, registrou em 2019 receitas de 744 milhões de euros e empregava 1.339 pessoas. Desde 2012, integra o grupo Audi, pertencente à Volkswagen, o que reforçou sua posição no mercado global. Atualmente, a empresa oferece cerca de dez modelos

distintos, todos equipados com motores de dois ou três cilindros, montados integralmente em suas instalações. O processo produtivo é dividido em quatro linhas de montagem de veículos e três de motores, sendo que as linhas mais antigas operam no sistema *stop-and-go* (com interrupções em etapas específicas), enquanto as mais recentes adotam o fluxo contínuo, proporcionando maior eficiência. Após a montagem, cada motocicleta passa por dois *test drives* consecutivos e por uma rigorosa inspeção estética final, garantindo elevados padrões de qualidade.

A Ducati enfrenta forte sazonalidade de pedidos, pois o uso de motocicletas para lazer é mais intenso nas estações quentes. Por isso, o volume de fabricação varia significativamente ao longo do ano, entre 140 e 410 veículos por dia. Após a aquisição pela Audi, houve aumento tanto na produção quanto na personalização dos produtos, acompanhado de maior intensidade nos tempos de trabalho e na adoção do sistema *just-in-time*. Atualmente, as linhas de montagem são organizadas de forma modular, compostas por etapas específicas de 22 minutos cada. O plano de produção diário determina se o operário repetirá uma única etapa ou acompanhará o produto ao longo de toda a linha, o que exige flexibilidade para lidar com diferentes modelos customizados em um mesmo dia. O tamanho das equipes também varia conforme a demanda e as necessidades de cada departamento, normalmente entre cinco e vinte pessoas. Além da produção de motocicletas, a Ducati mantém o departamento Ducati Corse, dedicado exclusivamente à gestão da equipe de corridas que compete na MotoGP e outros eventos. Esse setor possui sua própria divisão de pesquisa e desenvolvimento, instalações de montagem e *test-drive*, funcionando de forma independente e com acesso restrito devido à confidencialidade dos projetos.

Lamborghini

A Lamborghini, fabricante italiana de carros esportivos de luxo, registrou em 2019 uma receita de 1,87 bilhão de euros e empregava 1.685 pessoas. Desde 1998, integra o grupo Audi, pertencente ao conglomerado Volkswagen, o que reforçou sua posição no mercado global. Tradicionalmente, sua linha de produtos inclui dois modelos principais de carros esportivos de dois lugares, além de versões conversíveis, todos voltados ao segmento de alto luxo. Entre esses modelos, destaca-se uma versão considerada superior, comercializada a um preço significativamente mais elevado. A cada poucos

anos, a empresa lança novos modelos, que substituem imediatamente seus antecessores na mesma categoria.

Desde 2018, a Lamborghini passou a fabricar um terceiro modelo: um SUV de luxo voltado ao público familiar, com previsão de dobrar o volume total de produção. No momento do trabalho de campo, a produção desse SUV ainda não havia iniciado. Cada modelo oferece inúmeras opções de personalização e conta com uma linha de montagem dedicada — em formato de L para o modelo superior e em formato de U para o inferior. No modelo inferior de carro esportivo, tanto o motor quanto a carcaça de alumínio são pré-fabricados por fornecedores externos. Já o modelo superior, reconhecido por seu caráter mais "artesanal", tem o bloco do motor e a carcaça de fibra de carbono produzidos internamente. O bloco do motor é montado em uma linha dedicada, enquanto a carcaça de fibra de carbono é confeccionada pela CFK (*Carbon Faserverstärkter Kunststoff*), um departamento autônomo que emprega cerca de 200 pessoas e funciona quase como uma empresa independente dentro da Lamborghini. Esse setor é responsável por toda a transformação dos filamentos de carbono bruto em carcaças de veículos e outras peças, como aerofólios e espelhos retrovisores, por meio de processos complexos que envolvem corte, prensagem, colagem, jateamento de areia e laminação. O trabalho é organizado em equipes em praticamente todos os departamentos. O setor de controle de qualidade e acabamento costuma operar com equipes pequenas, de quatro a seis pessoas, enquanto as equipes da linha de montagem chegam a cerca de 15 funcionários, incluindo um líder de equipe e um trabalhador multifuncional.

A aquisição pelo grupo Audi representou uma mudança significativa no processo produtivo da empresa, que passou de um modelo artesanal ("peça por peça") para uma produção serializada e padronizada. As linhas de montagem foram gradualmente informatizadas, com tempos de ciclo definidos de forma rigorosa. Esse processo resultou na intensificação das jornadas de trabalho ao longo da última década, impulsionada pelo aumento do volume de produção — por exemplo, a fabricação do modelo superior de carro esportivo aumentou de três para seis unidades por dia entre 2010 e 2018. Apesar dessa intensificação, os tempos de ciclo (*takt times*) permanecem relativamente flexíveis em comparação com outras empresas do setor automotivo: são 37 minutos para a montagem de veículos e 75 minutos para motores. Além disso, a integração com o grupo controlador trouxe benefícios, como o fornecimento de componentes pré-montados.

Sindicatos e tecnologia

No que diz respeito à capacidade de influenciar o processo de mudança tecnológica desde a fase de projeto, observa-se que os sindicatos, em geral, adotam uma postura predominantemente de aceitação das transformações em curso. Essa aceitação, contudo, tende a ser passiva, uma vez que os sindicatos raramente exercem influência significativa sobre as decisões tomadas na etapa de concepção tecnológica — por exemplo, não participam das discussões com o departamento de Pesquisa & Desenvolvimento. Assim, a tecnologia é frequentemente encarada como um elemento dado, sobre o qual pouco se discute ou negocia.

Pode-se questionar se seria legítimo exigir que os sindicatos participem da fase de projeto tecnológico, tradicionalmente atribuída à administração. Contudo, em uma perspectiva macro, os sindicatos desempenham papel fundamental na adoção de novas tecnologias, especialmente ao promover planos de investimento voltados à atualização tecnológica e ao desenvolvimento de novos produtos. Essa atuação foi observada em todas as empresas analisadas, com exceção da Cesab-Toyota. Por exemplo, na Lamborghini, os sindicatos foram decisivos para garantir um investimento de 50 milhões de euros destinado à produção local do SUV URUS, evitando sua transferência para uma fábrica da Audi na Eslováquia. Na Bonfiglioli, houve forte pressão sindical pelo projeto EVO, que prevê ampla adoção da Indústria 4.0. Na Ducati, os sindicatos também contribuíram para impulsionar investimentos em inovação e novas linhas de produtos. Em síntese, sempre que a introdução tecnológica está associada à expansão da capacidade produtiva, à renovação de modelos ou à criação de novos produtos, os sindicatos têm assumido um papel proativo nas empresas estudadas.

Na fase de implementação das tecnologias da Indústria 4.0, o papel dos sindicatos torna-se ainda mais relevante. Eles reconhecem a importância de participar ativamente desse processo, o que se evidencia pela presença das comissões técnicas bilaterais, conhecidas como "Novos produtos e novos processos". Essas comissões, típicas da organização sindical na região da Emilia-Romagna, são formadas por delegados sindicais e trabalhadores *white-collar* do setor de controle de produção. Seu papel pode ser informativo, consultivo e, em alguns casos, proativo. Em todas as empresas analisadas, essas comissões são responsáveis por supervisionar a organização do trabalho e a adoção de novas tecnologias, sendo frequentemente previstas em acordos contratuais. Em alguns casos, como relatam entrevistados, elas

existem desde a década de 1990. A atuação das comissões é fundamental para que os sindicatos possam reagir à introdução de tecnologias digitais. Por exemplo, na empresa Bonfiglioli, um acordo contratual estabeleceu limites claros para o uso do *software* MES (*Manufacturing Enterprise System*), impedindo que dados sobre ritmos e desempenho individuais dos trabalhadores sejam coletados para fins disciplinares.

> Como sindicato, não temos condições de projetar tecnologias, pois não possuímos competências, mas podemos estabelecer limites para o uso de tecnologias e suas repercussões no sistema social. Por exemplo, o MES contribui para tornar o processo de produção mais eficiente e nós o apoiamos, mas nos opomos ao seu uso para outros objetivos, como a vigilância generalizada.[8]

No geral, os sindicatos demonstraram capacidade de negociação na implementação de novas tecnologias, avançando na perspectiva de "negociar o algoritmo". De fato, os sindicatos reconhecem as ameaças subjacentes de desqualificação relacionadas à introdução de tecnologias da I4.0.

> A introdução de novos sistemas tecnológicos tem implicações na organização do trabalho, especialmente quando se trata de aumentar a saturação da produção. O objetivo é algo semelhante à "Unidade Tecnológica Elementar" da FIAT (fabricante automotiva italiana), sendo esta última caracterizada pela procedimentação e fragmentação de atividades complexas em tarefas simples, expondo, portanto, os trabalhadores à possibilidade de substituição. Como sindicato, estamos atrasados na análise da flexibilidade organizacional e das consequências sobre as práticas contratuais. Do ponto de vista dos efeitos, tentamos limitar o controle social do trabalhador, da vigilância à avaliação de desempenho, sem nos opormos à introdução da tecnologia. [9]

8. Delegado sindical entrevistado.
9. Delegado sindical entrevistado.

Sindicatos e organização do trabalho

Em nossa análise sobre mudança organizacional, identificamos quatro domínios centrais que estruturam a investigação: atividades de treinamento, práticas de trabalho de alto desempenho (PTAD), planos de carreira e procedimentos de avaliação.

Em todos os acordos contratuais analisados, os sindicatos garantiram o reconhecimento formal das qualificações acadêmicas dos trabalhadores, como diplomas, bacharelado e mestrado. Esse reconhecimento se traduz em benefícios concretos, como prêmios monetários e concessão de tempo livre para a participação em atividades educacionais. No que diz respeito ao treinamento informal no ambiente de trabalho, observa-se que, nas empresas Cesab-Toyota e Bonfiglioli, não há previsão contratual para essa modalidade. Em contraste, nas empresas do grupo Audi — Ducati e Lamborghini —, foram implementados programas internos de capacitação, com a criação de espaços específicos para treinamento dentro das fábricas. Nessas últimas empresas, os sindicatos também atuam no desenvolvimento e promoção de programas de estágio para jovens estudantes, muitos dos quais são posteriormente contratados. Essa iniciativa, conhecida como DESI (*Dual Education System Italy*), baseia-se no modelo alemão de formação profissional dual, que integra ensino teórico e experiência prática, e conta com o apoio de políticas educacionais regionais e estaduais. [10]

A implementação das Práticas de Trabalho de Alto Desempenho (PTAD) — como rotação de funções, sugestões de melhoria, reuniões e trabalho em equipe, além do kaizen (melhoria contínua) — apresenta significativa variação entre as empresas analisadas. Em alguns casos, essas práticas são amplamente disseminadas e formalizadas; em outros, ocorrem de maneira mais informal e pontual. Essa diversidade de abordagens está detalhada na Tabela 4.

> Eles ouvem você, no entanto, para obter [um tipo específico de carrinho], levou cinco anos e apenas metade do problema foi resolvido. Escrevi no registro no final da linha, mas a folha desapareceu. Uma das minhas propostas era [introduzir este carrinho] para aquele e outro local, onde ele não chegou porque, dizem, se chegasse, o rou-

10. Cf. o atual convite à apresentação de candidaturas ao DESI, em italiano: https://bur.regione.emilia romagna.it/

> bariam. Eles nos deram uma espécie de gancho que era quase pior. Melhorou com um tipo de graxa que era realmente fedorenta e irritante: minha boca e trato respiratório ficaram irritados. Preenchi um formulário de segurança, o sindicato me endossou e a graxa foi substituída. Talvez eu devesse ter insistido mais. Mas, mesmo com o apoio do sindicato, não é fácil, ainda que a empresa tenha sempre me tomado em consideração.[11]

As práticas organizacionais ocupam posição central nas negociações sindicais durante a elaboração dos acordos contratuais, evidenciado pela presença de comissões técnicas bilaterais dedicadas à "organização do trabalho". Em empresas como a Ducati, os sindicatos buscam estabelecer critérios claros e formalizados para reconhecer a versatilidade e multifuncionalidade dos operários, valorizando aqueles capazes de atuar em diferentes etapas da produção. Na Lamborghini, foram implementados sistemas de melhoria contínua, enquanto na Cesab-Toyota destacam-se métodos japoneses como o *asaichi* [12] e o *andon*[13]. Por outro lado, em empresas em que as Práticas de Trabalho de Alto Desempenho (PTAD) ainda não estão plenamente formalizadas, como na Bonfiglioli, observa-se uma atuação sindical mais restrita. Nesses casos, embora os gestores reconheçam a importância de práticas como a rotação de tarefas, a implementação dessas medidas não é discutida com os trabalhadores, limitando o espaço de negociação sindical. Isso sugere que, nessas situações, o sindicato só é chamado a negociar após decisões organizacionais já terem sido tomadas,

> Criei um arquivo em que cada local de produção lista os operários aptos a operar as respectivas máquinas. Se um ou mais operadores ficarem em casa, posso substituí-los. A máquina precisa estar sempre ligada. Tenho algumas áreas em que não temos cobertura, se um operador estiver ausente, temos que deixar a máquina ociosa. Estamos tentando implementar treinamentos paralelos para aumentar a versatilidade dos trabalhadores. Isso é custoso porque um trabalha e o outro não faz nada. O aprendizado é um custo e nem sempre termina bem. Alguns

11. Operário da linha de montagem, Bonfiglioli.

12. Reuniões matinais de equipe para identificar problemas/defeitos na produção do dia anterior. (NT)

13. Ferramenta de gestão da produção que utiliza sinais luminosos de alerta de prováveis problemas/erros em um processo ao longo da linha de produção. (NT)

> levam um mês, outros levam três meses. Temos um plano de versatilidade porque, se alguém estiver em casa, não quero desacelerar a produção. Atualmente, algumas áreas são críticas. Assim que atingirmos a otimização, veremos se a mão de obra é necessária ou não. Podemos acabar removendo alguns trabalhadores. [14]

A negociação dos procedimentos de avaliação e das trajetórias de carreira apresenta diferenças marcantes entre as empresas analisadas. Na Cesab-Toyota e na Bonfiglioli, observa-se uma atuação mais passiva dos sindicatos, com pouca influência sobre a definição dos critérios de avaliação e progressão profissional. Em contraste, nos casos alemães (Ducati e Lamborghini), os sindicatos desempenham um papel mais ativo, especialmente devido à adoção do chamado "gráfico de trabalhadores" pela Audi, que contribui para formalizar os processos de avaliação e carreira nos acordos contratuais. Embora Ducati e Lamborghini compartilhem sistemas de relações trabalhistas semelhantes e proximidade com o departamento de recursos humanos, diferem na implementação prática dos contratos. Ambos os sindicatos negociam e monitoram sistemas de avaliação baseados em habilidades técnicas, antiguidade, integração profissional, gestão de cargos, versatilidade e melhoria contínua. No entanto, não participam da definição de sistemas específicos de avaliação, como os cartões de notas (A, B, C), que são introduzidos unilateralmente pelos gerentes e focam em habilidades sociais, frequentemente influenciadas pelos líderes de equipe.

Todos os estudos de caso analisados evidenciam uma intensificação generalizada da jornada de trabalho, com redução do *takt-time* e dos períodos ociosos. Essa mudança decorre da adoção do princípio *just-in-time*, que busca manter o fluxo produtivo constantemente ativo. Apesar de o tema da saturação do tempo de trabalho não ser explicitamente abordado nos acordos contratuais, observa-se, na Bonfiglioli, um processo estruturado de comunicação entre o departamento de controle de tempo e os trabalhadores da linha de montagem. Sempre que novos tempos e métodos de execução são implementados, eles são formalmente apresentados aos operários, com participação dos delegados sindicais, e acompanhados de um gráfico explicativo. Segundo o controlador de tempos, essa prática contribui para prevenir reclamações e minimizar potenciais conflitos, ao promover transparência e diálogo entre as partes.

14. Controlador de tempos, Bonfiglioli.

> Inicialmente, fiquei um pouco hesitante e vi que eles estavam muito atentos a coisas que eu dava por certo que estavam bem. No início, eles me viam quase como um feitor de escravos, muito duro com os trabalhadores. Então, tive que mudar um pouco minha atitude. O sindicato cuida dos trabalhadores. Na empresa em que eu estava antes, não tive nenhum tipo de desacordo; eles quase não se importavam. Fiquei um pouco hesitante quando cheguei aqui e vi que o sindicato estava muito envolvido e queria escrutinar todo o nosso trabalho, a fim de supostamente cuidar dos trabalhadores. Depois, vi que trabalhamos bem e alcançamos resultado, sem reclamações, porque o trabalho foi compartilhado e socializado. Por outro lado, no meu antigo local de trabalho, eu controlava os tempos e os trabalhadores não questionavam, e eu não sabia por quê. Mais do que melhorar a eficiência, isso melhora a conexão; tive que mudar de ideia. Agora estou acostumado a ouvi-los, porque, trabalhando o dia todo na linha de montagem, eles são os únicos que conhecem os detalhes das máquinas. Posso ficar 20 horas em frente a uma máquina, mas talvez eu não perceba coisas que acontecem uma vez por mês, e quando acontecem, muito tempo é desperdiçado. O clima melhorou muito. Antes, eles achavam que tinham que confiar cegamente em mim. Aqui, me fizeram entender que todos precisam ser informados. Na minha empresa anterior, isso não era obrigatório. Se os funcionários sabem de tudo, eles não vão te dizer se você os está obrigando a fazer algo errado. [15]

Os sindicatos têm enfrentado dificuldades para negociar aspectos relacionados à organização interna da jornada de trabalho, como o ritmo, a intensidade e a distribuição das atividades realizadas durante o expediente. Essa limitação se reflete na tendência geral de aumento da saturação do tempo de trabalho — ou seja, na intensificação das tarefas e redução dos períodos ociosos — observada em todas as empresas analisadas, com exceção da Lamborghini. Um exemplo dessa atuação restrita ocorreu na Ducati, onde os sindicatos precisaram negociar para garantir que o intervalo para almoço, conhecido como "*pausa saponetta*", não fosse descontado do tempo total de trabalho dos funcionários.

O aumento da duração dos turnos e do total de horas trabalhadas — chamado aqui de "tempo de trabalho externo" — tem sido acompanhado por negociações sindicais mais intensas, especialmente nas empresas Lambor-

15. Controlador de tempos, Bonfiglioli.

ghini e Ducati. Nessas empresas, os sindicatos conseguiram incluir nos acordos coletivos diversas medidas para promover maior flexibilidade e equilíbrio entre vida profissional e pessoal, como: possibilidade de trabalho remoto ("trabalho inteligente") para trabalhadores *white-collar*, implementada antes mesmo da pandemia de covid-19; flexibilidade nos horários de entrada e saída; adoção de tempo de trabalho sazonal, com redução das horas durante o verão; redistribuição de férias; substituição de horas extras por pacotes de flexibilidade horária; ampliação do "banco de horas" para até 50 horas por ano. A negociação dos turnos de trabalho tornou-se especialmente relevante diante da tendência de intensificação do ritmo de trabalho, em vez da contratação de novos funcionários. Recentemente, Ducati e Bonfiglioli reorganizaram seus turnos, e os trabalhadores têm demonstrado preferência por horas extras individuais e voluntárias, em vez de turnos obrigatórios e mais extensos para todos.

Sindicatos e representação

Em termos de cobertura sindical, trabalhadores temporários e contingentes apresentam necessidades específicas (Lautsch, 2002; Vidal e Tigges, 2009) que, por vezes, entram em aparente conflito com o restante da força de trabalho. Isso porque os primeiros tendem a apressar o ritmo de trabalho (*takt time*) para sinalizar eficiência e a evitar greves, sob a ameaça de demissão. Com relação a isso, o uso de empregos contingentes pode resultar de estratégias de redução de custos para lidar com a volatilidade da demanda (Houseman e Osawa, 2003) e alavancar a desintegração vertical para reduzir o poder dos sindicatos em meio ao surgimento de uma estrutura centro-periferia (Doellgast e Greer, 2007). Além disso, a cobertura sindical também pode ser movida por considerações institucionais relativas à organização do trabalho e à cobertura de trabalhadores temporários pelos sindicatos (Osterman, 2011 e 2018).

Em nossos achados empíricos, observamos que os sindicatos têm buscado superar a tradicional divisão entre trabalhadores *blue-collar* e *white-collar*. Mais recentemente, também têm se dedicado a reduzir a distância entre empregados com contratos permanentes e temporários, além de enfrentar a lacuna sistêmica existente entre o grupo controlador e suas subcontratadas na rede industrial (Greer, 2008). No caso da Lamborghini, os representantes sindicais atuam de forma ativa para aproximar operários e trabalhadores administrativos, o que se reflete no aumento do número de

filiados entre os administrativos (Russo *et al*., 2019) e na inclusão de novos elementos contratuais voltados especialmente para esse grupo, como medidas relacionadas ao teletrabalho.

Nas empresas intensivas em conhecimento, os representantes sindicais têm buscado superar a tradicional divisão entre trabalhadores *blue-collar* e *white-collar*. Essa atuação, porém, tem gerado um efeito colateral: o fortalecimento de práticas corporativistas, ou seja, uma maior aproximação entre os interesses dos sindicatos e da gestão, especialmente em ambientes de negociação descentralizada e atuação proativa das comissões de trabalhadores, conforme propõe a abordagem funcionalista para a Indústria 4.0. É importante destacar que o caso da Lamborghini representa uma exceção, tanto pelo segmento de produto quanto pelo sistema interno de relações trabalhistas. Esse modelo dificilmente pode ser generalizado para o restante do país, considerando que muitas empresas italianas ainda apresentam estruturas trabalhistas menos desenvolvidas e resistem à adoção de práticas colaborativas (Cetrulo *et al*., 2020). Além disso, experiências internacionais, como a desintegração vertical observada no setor automotivo alemão — mesmo entre fabricantes de luxo – indicam que tais sistemas de relações trabalhistas não são necessariamente estáveis ou permanentes (Greer, 2008).

No extremo oposto do espectro, a Bonfiglioli ainda apresenta uma cultura de trabalho marcada pela persistência e resistência dos funcionários, frequentemente descritos como "obstinados". Além disso, a divisão entre trabalhadores *blue-collar* e *white-collar* permanece bastante acentuada, dificultando a integração entre os diferentes grupos dentro da empresa.

> É uma empresa que nunca teve medo de fazer greve. Não é fácil compará-la com a Lamborghini, que é uma joia. Modelos hiperprotegidos levam a dinâmicas corporativistas arriscadas. Na Bonfiglioli, a dinâmica corporativista não é forte. Por dinâmica corporativista, queremos dizer um sindicato que faz contratos excelentes, mas nunca entra em conflito com a empresa. [...] Há um senso de pertencimento. Os trabalhadores aqui são um pouco mais obstinados. [16]

16. Delegado sindical entrevistado.

> Nesta empresa, os trabalhadores demonstram solidariedade, e a dicotomia entre trabalhadores permanentes e temporários não é muito forte. Os novos são um romeno e um sardo. São temporários. Tenho um excelente relacionamento com eles. Trabalham em um tipo diferente de máquina, mas temos muita proximidade. Se entramos em greve, eles ficam apavorados. Não podem. Se há uma assembleia, perguntam se podem vir. […] Fizemos uma coisa positiva com o contrato interno: prêmios são concedidos aos novos trabalhadores. Fui ao chefe do departamento e lhe disse que não os deixasse ir embora. E, de fato, eles renovaram o contrato, primeiro de fevereiro para março, depois de março para junho e depois até dezembro. Tentamos animá-los. Os novos trabalhadores são todos temporários.[17]

Apesar do nível relativamente pouco desenvolvido de práticas horizontais, o grau de sindicalização é robusto e coeso. Muitos trabalhadores relatam participação ativa em greves e resistência à terceirização e à realocação de unidades produtivas. A representação sindical única tem se mostrado hábil na gestão dos desafios trazidos pela Indústria 4.0, especialmente ao negociar limites para o uso do MES (*Manufacturing Execution System*) como ferramenta de controle dos trabalhadores. Em geral, observa-se uma distância entre os objetivos dos trabalhadores e dos gestores. Isso se reflete na linguagem dos delegados sindicais, que costumam se referir à empresa como "eles", em contraste com o uso de "nós" observado em empresas como Lamborghini e Ducati, onde há maior integração. Na Ducati, por exemplo, as diferenças geracionais são marcantes: trabalhadores temporários tendem a competir mais intensamente, buscando efetivação, o que gera tensões com os funcionários permanentes. Esse cenário apresenta desafios adicionais para os representantes sindicais, que ainda não conseguiram captar plenamente o impacto do sistema de contratação vertical e de meio período sobre o bem-estar dos trabalhadores, sejam eles antigos ou recém-chegados.

> Vejo que o sindicato é muito ativo. Até agora, não me filiei porque ainda não sinto necessidade e, como trabalho meio período e seis meses por ano, estou esperando o sindicato nos apoiar. Em agosto, voltarei para casa e terei que procurar outro emprego. Também te-

17. Operário da usinagem mecânica, Bonfiglioli.

> nho uma hipoteca em Bolonha, com a ajuda dos meus pais. Deveria haver mais ação sobre essa questão. Se a empresa me manteve por cinco anos, deve haver um motivo. Meu objetivo é trabalhar. Se eu trabalhar até o final de julho e depois me encontrar na rua, serei forçado a procurar outro lugar.[18]

Discussão: a "terceira via" italiana para a democracia industrial

Em consonância com a literatura existente (Haipeter, 2020), nossos resultados confirmam que, quando a força de trabalho é organizada por meio de uma representação sindical coesa, a empresa tende a se apropriar melhor dos ganhos advindos de melhorias tecnológicas e organizacionais. O papel de negociação dos sindicatos é especialmente relevante na fase de implementação tecnológica, como na oposição à introdução de formas intrusivas de vigilância dos trabalhadores e na condução de mudanças organizacionais. No entanto, observamos limitações importantes nesse processo de negociação. Por exemplo, raramente há negociação sobre os tempos internos da jornada de trabalho e sobre a saturação das atividades, o que restringe a influência sindical em aspectos centrais da organização produtiva. Além disso, os sindicatos costumam ter pouca participação na fase de projeto dos artefatos da Indústria 4.0, independentemente do grau de digitalização ou robotização envolvido. Nossos resultados também evidenciam respostas bastante heterogêneas das comissões sindicais locais diante da I4.0. Nas empresas mais digitalizadas, os sindicatos apresentam traços de corporativismo gerencial, ainda que sob a coordenação da federação sindical nacional. Nessas empresas, a Indústria 4.0 tem servido como oportunidade para reorganizar antigas formas de dualismo entre trabalhadores administrativos e operários, fortalecendo as reivindicações dos funcionários administrativos. Por outro lado, surgem novas lacunas entre trabalhadores permanentes e temporários, bem como entre os mais e menos especializados.

Desde o final da década de 1970, o modelo italiano de negociação da organização do trabalho e da democracia industrial (ver Müller-Jentsch, 2008, para uma avaliação histórica) caracteriza-se pela chamada "participação conflituosa". Essa participação se manifesta em duas principais direções. A primeira ocorre por meio dos chamados direitos de informação, que garantem aos trabalhadores e seus representantes o acesso a informações rele-

18. Operário da linha de montagem, Ducati.

vantes sobre o plano de negócios e mudanças na organização dos processos produtivos, permitindo-lhes influenciar externamente as decisões gerenciais. A segunda direção, de caráter mais conflituoso, refere-se à liberdade de exercer direitos trabalhistas — incluindo a realização de greves ilegais — de forma independente dos interesses corporativos, ou seja, sem subordinação à aceitação da gestão e fora do âmbito tradicional da negociação coletiva (Gambilonghi, 2020).

De fato, como mencionado anteriormente, os direitos de informação constituem o principal espaço para negociações relacionadas à tecnologia. Não há previsão legal ou contratual de outros papéis formais para comissões de trabalhadores ou grupos intermediários, como as *commissioni tecniche bilaterali* (comissões técnicas bilaterais, que atuam como fóruns de discussão entre empresas e trabalhadores sobre questões técnicas). Esse modelo italiano de democracia industrial difere significativamente dos modelos sueco e alemão, principalmente devido à relação mais conflituosa e hostil entre sindicatos e a confederação patronal, em comparação com outros países europeus. Esse contexto tem sido um dos fatores mais relevantes para a baixa participação em negociações sobre tecnologia.

Entre os três fatores que explicam a heterogeneidade das respostas sindicais, destaca-se o cenário institucional de nível macro. Esse contexto tem reduzido gradualmente o papel dos sindicatos no debate e na negociação sobre tecnologia. Apesar dessa retração, algumas regiões mantêm força e capacidade de intervenção sindical. Isso ocorre tanto por uma histórica dependência de trajetória quanto pela concentração da atividade manufatureira em um país que, de modo geral, enfrenta desindustrialização. Nos últimos 30 anos, por exemplo, a região da Emília-Romagna permaneceu central na manufatura europeia, com forte integração à Alemanha, especialmente no fornecimento de peças, componentes e equipamentos de capital. Essa integração tem sido fundamental para atrair investimentos e aquisições por empresas estrangeiras.

Dentro de um sistema de manufatura resiliente, a cultura local dos sindicatos metalúrgicos tem conseguido resistir e neutralizar a tendência de dessindicalização, especialmente entre trabalhadores recém-contratados. A FIOM Emília-Romagna tem garantido a absorção gradual de profissionais com contratos flexíveis, inicialmente temporários e posteriormente estabilizados. Essa preocupação com a coesão entre gerações de trabalhadores, aliada à postura proativa dos sindicatos locais, favoreceu a formação de

uma força de trabalho receptiva e consciente das mudanças organizacionais e tecnológicas nas empresas. Vale ressaltar que o distrito industrial analisado representa uma exceção, tanto em relação aos avanços inovadores quanto ao reconhecimento sindical, quando comparado ao contexto nacional.

A corporação proprietária e a cultura empresarial exercem influência decisiva sobre a organização da força de trabalho, especialmente na adoção e implementação de práticas de alto desempenho. A cultura corporativa contribui para a formação da identidade dos trabalhadores, promovendo o senso de pertencimento à empresa e moldando as relações interpessoais entre colegas, superiores e subordinados. No contexto das empresas de manufatura, o tipo de produto fabricado também impacta o grau de envolvimento dos trabalhadores. Embora persista a ideia de que os trabalhadores *blue-collar* na indústria automotiva realizam tarefas altamente padronizadas e repetitivas, essa percepção não corresponde integralmente à realidade atual. À medida que aumenta a complexidade e a customização dos produtos, observa-se uma maior valorização do conhecimento e da experiência dos trabalhadores, o que favorece o desenvolvimento de vínculos mais fortes com o ambiente de trabalho — fenômeno que pode ser descrito como "identidade de chão de fábrica". Nas empresas analisadas, que produzem bens de alta qualidade ou altamente personalizados, são frequentes relatos de apego dos trabalhadores ao produto final e à própria organização.

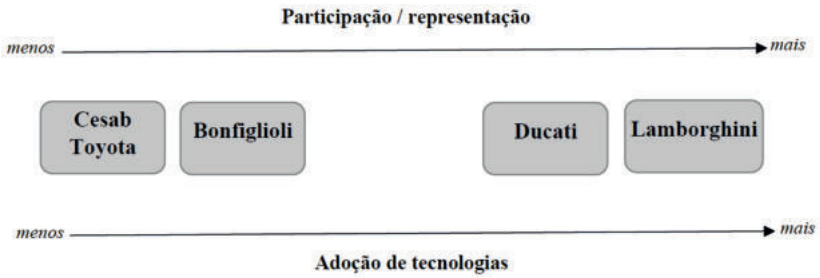
Os atributos organizacionais de cada empresa são fundamentais para moldar tanto a cultura do local de trabalho quanto o sistema de relações trabalhistas. Em nossos estudos de caso, observamos que as fábricas já possuíam estruturas internas sólidas e integradas antes das aquisições por grupos estrangeiros. Por isso, empresas como Audi e Toyota precisaram adaptar-se às práticas já estabelecidas de organização do trabalho, em vez de impor modelos próprios. Vale destacar que essas corporações, ao contrário de serem resistentes à participação dos trabalhadores, historicamente incentivam o envolvimento da força de trabalho na definição dos processos produtivos. Essa postura facilitou a atuação dos sindicatos, especialmente no processo de adoção de novas tecnologias.

Em síntese, os sindicatos têm respondido à introdução da Indústria 4.0 de duas formas principais: de maneira reativa, marcada pelo conflito, ou de forma proativa, orientada pelo corporativismo. Observa-se que, quanto maior o grau de inovação tecnológica nas empresas, maior tende a ser a participação sindical no processo de implantação dessas tecnologias. Esse

comportamento proativo é especialmente evidente nas empresas Ducati e Lamborghini. No caso da Lamborghini, os representantes sindicais desempenham um papel central na introdução de inovações tecnológicas, inclusive entre os trabalhadores *white-collar*. Tal protagonismo pode estar relacionado à influência do grupo Audi, controlador da empresa, que adota um "gráfico de trabalhadores" — um modelo que padroniza a organização do trabalho em todas as suas subsidiárias. Essa dinâmica, contudo, também reflete a tradição de relações trabalhistas da região de Bolonha, caracterizada por forte atuação sindical. Como afirmou um tecnólogo da Lamborghini: "Sem o apoio do sindicato, nada pode acontecer aqui. Nem mudanças organizacionais, nem tecnológicas."

Por outro lado, observa-se uma postura mais reativa e orientada ao conflito por parte dos sindicatos nas empresas Cesab-Toyota e Bonfiglioli. Nesses casos, os sindicatos apresentam um envolvimento mais limitado na gestão do processo de adoção de novas tecnologias, participando menos das decisões estratégicas e operacionais relacionadas à implementação tecnológica. Especificamente na Bonfiglioli, destaca-se que os sindicatos conseguiram negociar cláusulas contratuais que restringem o uso do *software* MES para fins de vigilância dos trabalhadores.

Figura 2 – Posicionamento ilustrativo dos nossos estudos de caso por grau de participação/representação do sindicato e adoção de tecnologias da I4.0



Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que, nos casos analisados, empresas com maior adoção de tecnologias da Indústria 4.0 tendem a apresentar também maior participação dos sindicatos em diferentes fases do processo de implementação. A Figu-

ra 2 ilustra essa tendência, posicionando as empresas do estudo de caso em um eixo que cruza o grau de participação sindical e o nível de adoção tecnológica. É importante ressaltar, contudo, que esta análise não permite afirmar uma relação de causa e efeito entre esses fatores; trata-se apenas de uma correlação observada nos dados. As evidências sugerem ainda a existência de modelos híbridos de organização do trabalho, nos quais práticas tradicionais convivem com novas formas de participação e representação sindical, conforme discutido por Burawoy (1985).

Observa-se um agrupamento claro entre as empresas analisadas: Cesab-Toyota e Bonfiglioli apresentam características distintas das encontradas em Ducati e Lamborghini. Apesar dessas diferenças, todas compartilham aspectos comuns, alinhados à chamada "terceira via" italiana da democracia industrial e ao atual cenário institucional, marcado pelo enfraquecimento da força de trabalho organizada. Em especial, destacam-se dois pontos:

- **Fase de projeto tecnológico:** os sindicatos não exercem influência significativa sobre o desenvolvimento de novas tecnologias. Contudo, desempenham papel importante na promoção de planos de investimento.
- **Gestão dos tempos internos de trabalho:** a definição do ritmo e da intensidade do trabalho permanece sob controle dos gestores. O sindicato raramente participa dessas decisões, e não foram identificadas negociações ou acordos sobre esse tema nas empresas estudadas.

Apesar das respostas heterogêneas observadas entre as empresas, nota-se uma característica comum: tanto a participação dos sindicatos quanto a adoção tecnológica, elementos centrais para definir os espaços de atuação sindical, permanecem fora da esfera de influência dos próprios sindicatos. Esse padrão, identificado em nosso estudo, está em consonância com pesquisas anteriores sobre o tema. Os resultados evidenciam uma heterogeneidade nas práticas, mas também uma convergência entre as fábricas que adotam a Indústria 4.0 (Moro e Virgillito, 2022). Essa convergência está alinhada às conclusões de Rutherford (2004), que aponta para a desintegração da força de trabalho provocada pelos sistemas de produção enxuta — fenômeno que, no contexto atual, é intensificado pela Indústria 4.0.

Segundo o autor,

> as tendências de desintegração e convergência estão associadas à maior capacidade da produção enxuta de comparar produtividade e qualidade entre diferentes locais de trabalho. Combinada ao relativo enfraquecimento (em termos de mão de obra) dos sistemas nacionais de relações trabalhistas. Isso significa que regimes específicos a cada empresa estão emergindo além das fronteiras nacionais (Rutherford, 2004, p. 440).

Essas considerações se aplicam amplamente às nossas descobertas, mesmo dentro de um único país.

Considerações finais

Este estudo analisa o papel dos sindicatos na adoção de tecnologias e na organização do trabalho diante da Indústria 4.0. Observa-se que, nos ambientes altamente sindicalizados investigados, os sindicatos geralmente facilitam a implementação dessas inovações. No entanto, ainda predominam práticas voltadas à defesa dos interesses dos trabalhadores seniores e permanentes, o que pode acentuar divisões internas — como entre funcionários de meio período e período integral, internos e externos, ou juniores e seniores. As negociações relacionadas à tecnologia representam uma nova e relevante frente de atuação sindical, historicamente pouco explorada. Nesse contexto, a Indústria 4.0 oferece oportunidades para a revitalização dos sindicatos.

De modo geral, os resultados de nossa pesquisa desafiam as previsões econômicas trabalhistas convencionais (Grout, 1984), ao demonstrar que os sindicatos e demais organizações de trabalhadores desempenham um papel fundamental não apenas na facilitação de processos transformadores — como inovações tecnológicas e organizacionais — mas também como principais agentes de proteção coletiva contra o controle excessivo, a intensificação do tempo de trabalho e o aumento das horas extras. Esse papel torna-se ainda mais relevante no contexto pós-pandemia, período em que as empresas precisaram reorganizar processos, reestruturar turnos e adaptar fluxos comerciais. Nesse cenário, os sindicatos se mostram essenciais tanto para negociar condições sanitárias e de segurança para os trabalha-

dores do chão de fábrica quanto para buscar soluções sustentáveis para o trabalho remoto, garantindo que as mudanças não sejam prejudiciais aos trabalhadores.

Ao contrário do que propõe uma abordagem puramente funcionalista, nosso estudo demonstra que os sindicatos, mesmo em ambientes onde a cultura corporativista não é predominante, desempenham papel fundamental na melhoria das condições de trabalho. Eles atuam para orientar a adoção de novas tecnologias de forma mais inclusiva, buscando evitar práticas que possam prejudicar os trabalhadores. É essencial que os sindicatos mantenham seu papel institucional de contrabalanço ao poder dos gestores, combatendo desigualdades e hierarquias, e assegurando não apenas os direitos trabalhistas, mas também os direitos sociais em sentido amplo. Essa função torna-se ainda mais relevante diante do enfraquecimento dos partidos políticos, contexto em que os sindicatos se consolidam como uma das últimas formas de organização coletiva capaz de proteger interesses sociais e promover justiça no ambiente de trabalho.

Nossas descobertas indicam que os sindicatos têm adotado uma postura cada vez mais proativa diante da Indústria 4.0, tendência que também foi observada na Alemanha por meio do programa *Work2020* (Haipeter, 2020). Esse movimento sugere uma transição do corporativismo tradicional, baseado em negociações centralizadas, para um corporativismo gerencial, com foco nas negociações em nível de empresa. Um exemplo histórico desse processo ocorreu na Suécia, na década de 1980, quando o país migrou de um modelo de solidariedade estatal para práticas de negociação mais localizadas e voltadas para as necessidades específicas de cada empresa.

No contexto do sistema industrial italiano, nossos achados apontam para um quadro de neodualismo — conceito que descreve a crescente distância entre uma grande maioria de empresas retardatárias e uma pequena fração de líderes tecnológicos (Costa *et al*., 2021). Este estudo concentra-se justamente nessa pequena parcela de grandes empresas, caracterizadas por alta tecnologia e dinamismo organizacional. Nessas organizações, estruturas complexas coexistem com uma força de trabalho organizada, o que se reflete também na adoção de acordos contratuais de segundo nível — ou seja, negociações realizadas diretamente entre empresas e sindicatos, além dos acordos setoriais. Observamos que a presença desses acordos se correlaciona positivamente com a adoção de tecnologias da Indústria 4.0, conforme demonstrado também em outros estudos (Cirillo *et al*., 2021b). Contudo,

análises baseadas em dados agregados ainda não detalham suficientemente as atitudes, práticas e etapas de intervenção sindical diante da tecnologia. Este capítulo pretendeu ajudar a preencher essa lacuna.

Referências

ADDISON, John T.; SCHNABEL, Claus; WAGNER, Joachim (2001). Works councils in Germany: Their effects on establishment performance. *Oxford Economic Papers*, v. 53, n. 4, p. 659-694.

ADDISON, John T.; TEIXEIRA, Paulino; PAHNKE, André; BELLMANN, Lutz (2017). The demise of a model? The state of collective bargaining and worker representation in Germany. *Economic and Industrial Democracy*, v. 38, n. 2, p. 193-234.

ALVESSON, Mats (1991). Corporate culture and corporatism at the company level: a case study. *Economic and Industrial Democracy*, v. 12, n. 3, p. 347-367.

ALVESSON, Mats; KARREMAN, Dan (2011). *Qualitative research and theory development: Mystery as method.* Londres: SAGE Publications.

ANTONIOLI, Davide; PINI, Paolo (2005). Partecipazione diretta, partecipazione indiretta e innovazioni tecnoorganizzative. Alcuni risultati per il sistema locale di Reggio Emilia. *Quaderni CREIC*, n. 1, Ferrara: Centro di Ricerca sull'Economia dell'Innovazione e della Conoscenza (CREIC). Disponível em: http://www.creic.it/Quaderni/wp1_antonioli.pdf. Acesso em: 03 dez. 2025.

ARMAROLI, Ilaria (2019). Progettare l'innovazione: La nuova frontiera dell'azione sindacale?. *Economia & Lavoro*, n. 1, p. 115-130.

ARMAROLI, Ilaria.; SPATTINI, Silvia (Orgs.) (2018). *National report: Italy. Case Study on FIM-CISL.* Modena: SUNI – Smart Unions for New Industry and ADAPT. Disponível em: https://suniproject.adapt.it/wp-content/uploads/2018/07/italy.pdf. Acesso em: 03 dez. 2025.

BAMBER, Greg J.; LANSBURY, Russel D. (2013). *New technology (Routledge Revivals): International perspectives on human resources and industrial relations*. Londres: Routledge.

BÉTHOUX, Élodie; MIAS, Arnaud (2021). How does state-led decentralization affect workplace employment relations? The French case in a comparative perspective. *European Journal of Industrial Relations*, v. 27, n.1, p. 5-21.

BOSCH Gerhard; SCHMITZ-KIESSLER Jutta (2020), Shaping Industry 4.0 – an experimental approach developed by German trade unions, *Transfer: European review of labour and research*, v. 26, n. 2, p. 189-206.

BRAAKMANN, Nils; BRANDL, Bernd (2016). The efficacy of hybrid collective bargaining systems: An analysis of the impact of collective bargaining on company performance in Europe. *Munich Personal RePEcArchive*, n. 70025. Munique: MPRA paper.

BRULIN, Goran; NILSSON, Tommy (1991). From societal to managerial corporatism: New forms of work organization as a transformation Vehicle. *Economic and Industrial Democracy*, v. 12, n. 3, p. 327-346.

BUER, Sven-Vegard.; STRANDHAGEN, Jan O.; CHAN, Felix T. S. (2018). The link between industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 8, p. 2924-2940.

BURAWOY, Michael (1985). *The politics of production:* Factory regimes under capitalism and socialism. Londres: Verso.

CAMPAGNA, Luigi; PERO, Luciano (2011). Innovazione organizzativa e partecipazione diretta. *Quaderni di Management*, v. 50, p. 63-73.

CASELLI, Rosanna (1982). *Nuove forme di organizzazione del lavoro nelle banche*. Milão: Etas Libri.

CETRULO, Armanda; MORO, Angelo (2022). Una contrattazione alla bolognese? Relazioni industriali e negoziazione aziendale nel settore metalmeccanico a Bologna dall'autunno caldo ad oggi. *In:* GARIBALDO, Francesco; RINALDINI, Matteo (Orgs.),. *Il lavoro operaio digitalizzato: Inchiesta nell'industria metalmeccanica Bolognese.* Bologha: Il Mulino.

CETRULO, Armanda; NUVOLARI, Alessandro (2019). Industry 4.0: revolution or hype? Reassessing recent technological trends and their impact on labour. *Journal of Industrial and Business Economics,* v. 46, n. 3, p. 391-402.

CETRULO, Armanda; GUARASCIO, Dario; VIRGILLITO, Maria E. (2020). Anatomy of the Italian occupational structure: Concentrated power and distributed knowledge. *Industrial and Corporate Change*, v. 29, n. 6), p. 1345-1379.

CIRILLO, Valeria; FANTI, Lucrezia; MINA, Andrea; RICCI, Andrea (2023). The adoption of digital technologies: investment, skills, work organization. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 66, p. 89-105.

CIRILLO, Valeria; FANTI, Lucrezia; MINA, Andrea; RICCI, Andrea (2021). Upgrading Italy's industrial capacity: Industry 4.0 across regions and sectors. *SINAPPSI,* v. 11, n. 2, p. 14-35.

CIRILLO, Valeria; RINALDINI, Matteo; STACCIOLI, Jacopo; VIRGILLITO, Maria E. (2021). Technology vs. workers: The case of Italy's industry 4.0 factories. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 56, p. 166-183.

COSTA, Stefano *et al.* (2021). From organizational capabilities to corporate performances: at the roots of productivity slowdown. *LEM Working Paper Series*, n. 2021/21. Pisa, Itália: Laboratory of Economics and Management (LEM).

DAVIES, Annette (2018). *Industrial Relations and New Technology.* Londres: Routledge.

DELLA ROCCA, Giuseppe (1985). *L'innovazione tecnologica e le relazioni industriali in Italia.* Roma: Fondazione Adriano Olivetti.

DOELLGAST, Virginia; GREER, Ian (2007). Vertical disintegration and the disorganization of German industrial relations. *British Journal of Industrial Relations*, v. 45, n. 1, p. 55-76.

DOELLGAST, Virgínia; WAGNER, Ines (2022). Collective regulation and the future of work in the digital economy: Insights from comparative employment relations. *Journal of Industrial Relations,* v. 64, n. 3, p. 438-460.

EBBINGHAUS, Bernhard; VISSER, Jelle (1999). When institutions matter: Union growth and decline in Western Europe, 1950 – 1995. *European Sociological Review*, v. 15, n. 2, p. 135-158.

GAMBILONGHI, Mattia (2020). Industrial democracy and social transformation in the workers' movement in Italy and in Europe. *Economia & Lavoro*, v. 54, n. 2, p. 13-30.

GARIBALDO, Francesco (1988). *Lavoro, innovazione, sindacato.* Gênova: Costa & Nolan.

GENZ, Sabrina; BELLMANN, Lutz; MATTHES, Britta (2019). Do German works councils counter or foster the implementation of digital technologies? *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik,* v. 239, n. 3, p. 523-564.

GILL, Carol (2009). Union impact on the effective adoption of high performance work practices. *Human Resource Management Review*, v. 19, n. 1, p. 39-50.

GILL Carol; MEYER, Denny (2013). Union presence, employee relations and high performance work practices. *Personnel Review*, v. 42, n. 5, p. 508-528.

GREER, Ian (2008). Organised industrial relations in the information economy: The German automotive sector as a test case. New Technology, *Work and Employment*, v. 23, n. 3, p. 181-196.

GROUT, Paul A. (1984). Investment and wages in the absence of binding contracts: a Nash bargaining approach. *Econometrica*, v. 52, n. 2, p. 449-460.

HAIPETER, Thomas (2020). Digitalisation, unions and participation: The German case of "industry 4.0". *Industrial Relations Journal*, v. 51, n. 3, p. 242-260.

HARBECKE, Tim; FILIPIAK, Kathrin (Orgs.) (2018). National Report: Germany. *Case Study on IG Metall*. Modena: SUNI (Smart Unions for New Industry) e ADAPT. Disponível em: https://suniproject.adapt.it/wp-content/uploads/2018/07/germany.pdf. Acesso em: 03 dez. 2025.

HERRIGEL, Garry; SABEL, Charles F. (1999). Craft production in crisis: Industrial restructuring in Germany during the 1990s. *In:* CULPEPPER, Pepper D.; FINEGOLD, David (Orgs.). *The German skills machine: Sustaining comparative advantage in a global economy.* Oxford (NY): Berghahn Books.

HOLST, Hajo (2014). "Commodifying institutions": Vertical disintegration and institutional change in German labour relations. *Work, employment and society*, v. 28, n. 1, p. 3-20.

HOUSEMAN, Susan N.; OSAWA, Machiko (2003). *Nonstandard work in developed economies: Causes and consequences. Kalamazoo* (MI): W.E. Upjohn Institute for Employment Research.

HYMAN, Richard; STREECK, Wolfgang (Orgs.) (1988). *New technology and industrial relations*. Hoboken: Wiley-Blackwell.

JÜRGENS, Ulrich; KRZYWDZINSKI, Martin (2016). *New worlds of work: Varieties of work in car factories in the BRIC Countries.* Oxford: Oxford University Press.

LAUTSCH, Brenda A. (2002). Uncovering and explaining variance in the features and outcomes of contingent work. *ILR Review*, v. 56, n. 1, p. 23-43.

LEONARDI, Salvo; PEDERSINI, Roberto (2018). *Multi-employer bargaining under pressure: decentralisation trends in five European* countries. Brussels: European Trade Union Institute.

LIAO, Yongxin *et al.* (2017). Past, present and future of industry 4.0: a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, v. 55, n. 12, p. 3609-3629.

LITWIN, Adam S. (2013) Not featherbedding, but feathering the nest: Human resource management and investments in information technology. *Industrial Relations*, v. 52, n. 1, p. 22-52.

MOORE, Phoebe V.; UPCHURCH, Martin; WHITTAKER, Xanthe (2018). *Humans and machines at work: monitoring, surveillance and automation in contemporary capitalism.* Londres: Palgrave Macmillan.

MORO, Angelo; VIRGILLITO, Maria E. (2022). Towards Factory 4.0? Convergence and divergence of lean models in Italian automotive plants. *International Journal of Automotive Technology and Management*, v. 22, n. 2, p. 245-271.

MORO, Angelo *et al.* (2019). Control in the era of surveillance capitalism: An empirical investigation of Italian industry 4.0 factories. *Journal of Industrial and Business Economics*, v. 46, n. 3, p. 347-360.

MÜLLER-JENTSCH, Walther (2008). Industrial democracy: Historical development and current challenges. *Management Revue,* v. 19, n. 4, p. 260-273.

NACAMULLI, Raul (1982). *Sindacati e organizzazione d'impresa in Italia*. Milão: Franco Angeli.

NILSSON, Tommy (1999). The future role of the Swedish unions increased local cooperation for production development. *Economic and Industrial Democracy*, v. 20, n. 3, p. 461-482.

OSTERMAN, Paul (2011). Institutional labor economics, the new personnel economics, and internal labor markets: A reconsideration. *ILR Review*, v. 64, n. 4, p. 637-653.

OSTERMAN, Paul (2018). In search of the high road: Meaning and evidence. *ILR Review,* v. 71, n. 1, p. 3-34.

OUCHI, William G. (1982). *Theory Z:* How American business can meet the Japanese challenge. Nova York: Avon.

PERO, Lucio; PONZELLINI, Anna M. (2015). Il nuovo lavoro industriale tra innovazione organizzativa e partecipazione diretta. In: CARRIERI, Mimmo; NEROZZI, Paolo; TREU, Tiziano (Orgs.). *La partecipazione incisive: idee e proposte per rilanciare la democrazia nelle imprese*. Bolonha: Il Mulino.

PONZELLINI, Anna M. (2013). *Piani, non solo premi*. Quaderni di Rassegna Sindacale, n. 2, p. 185-200.

PONZELLINI, Anna M. (2017). Organizzazione del lavoro e relazioni industriali: una rassegna degli studi degli ultimi 20 anni in Italia. *Economia & Lavoro*, v. 51, n. 1, p. 147-164.

PONZELLINI, Anna M.; DELLA ROCCA, G. (2015). Continuità e discontinuità nelle esperienze di partecipazione dei lavoratori all'innovazione produttiva: partecipazione istituzionale e partecipazione diretta. *Economia & Lavoro*, v. 49, n. 3, p. 55-66.

RATHGEB, Philip; TASSINARI, Arianna (2022). How the eurozone disempowers trade unions: the political economy of competitive internal devaluation. *Socio-Economic Review*, v. 20, n. 1, p. 323-350.

RCS OPEN LAB (2021). *Dalla prima alla quarta rivoluzione industriale: storia delle relazioni industriali dei metalmeccanici*. Milão: Solferino.

RUSSO, Margherita; PAVONE, Pasquale; CETRULO, Armanda (2019). Conflict and participation in bargaining at company level: The Lamborghini case. *Economia & Lavoro,* 1, p. 53-74.

RUTHERFORD, Tod D. (2004). Convergence, the institutional turn and workplace regimes: the case of lean production. *Progress in Human Geography*, v. 28, n. 4, p. 425-446.

RUTHERFORD, Tod D.; FRANGI, Lorenzo (2021). Acted upon and acted through: Unions, consent and contestation vis-a-vis high performance work systems in the automobile industry. *Economic and Industrial Democracy*, v. 42, n. 4, p. 983-1003.

SHAIKEN, Harley; LOPEZ, Steven; MANKITA, Isaac (1997). Two routes to team production: Saturn and Chrysler compared. *Industrial Relations*, v. 36, n. 1, p. 17-45.

SLICHTER, Sumner H.; HEALY, James J.; LIVERNASH, Robert (1960). *The impact of collective bargaining on management*. v. 4. Washington D.C.: Brookings Institution Press.

SMITH, Chris; VIDAL, Matt (2019). The lean labour process: Global diffusion, societal effects, contradictory implementation. In: JANOSKI, Thomas; LEPADATU, Darina (Orgs.). *International Handbook of Lean Organization*. Cambridge (UK): Cambridge University Press.

STREECK, Wolfgang (1998). The internationalization of industrial relations in Europe: Prospects and problems. *Politics & Society,* v. 26, n. 4, p. 429-459.

TORTORELLA, Guilherme L.; FETTERMANN, Diego (2018). Implementation of industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 8, p. 2975-2987.

TUBARO, Paola; CASILLI, Antonio A. (2019). Micro-work, artificial intelligence and the automotive industry. *Journal of Industrial and Business Economics*, v. 46, n. 3, p. 333-345.

VIDAL, Matt; TIGGES, Leann M. (2009). Temporary employment and strategic staffing in the manufacturing sector. *Industrial Relations*, v. 48, n. 1, p. 55-72.

WANG, Shiyong *et al*. (2016). Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multiagent system with big data based feedback and coordination. *Computer Networks*, v. 101, p. 158-168.

CARROS E A TRANSIÇÃO VERDE:
desafios e oportunidades para os trabalhadores europeus[1]

Oya Celasun
Galen Sher
Petia Topalova
Jing Zhou

Introdução

A indústria automotiva está passando por uma transformação histórica, impulsionada pela crescente demanda por veículos ecologicamente corretos e por regulamentações cada vez mais rigorosas sobre emissões. Esse cenário tem direcionado o setor para a produção de veículos com emissão zero, especialmente os movidos a eletricidade (*electric vehicles* – EVs). Embora EVs e veículos tradicionais com motor a combustão interna (*internal combustion engine vehicles* – ICEVs) compartilhem características como pintura, chassis e sistemas de direção, há diferenças fundamentais em sua composição. Os EVs requerem baterias, maior quantidade de fiação e motores elétricos mais simples, enquanto os ICEVs dependem de motores complexos, motores de partida, tanques de combustível, tubos de escape e engrenagens. Consequentemente, a produção de EVs pode demandar menos mão de obra e componentes, simplificando a cadeia de suprimentos. Além disso, a eletrificação dos veículos impacta diretamente o mercado de energia, aumentando a demanda por eletricidade e reduzindo a necessidade de refinarias e postos de combustíveis fósseis. Segundo Daniel Yergin (2020, cap. 37), "hoje, o EV se tornou uma questão existencial para a indústria automotiva global". Nos últimos anos, a União Europeia tem respondido a esse desafio com políticas rigorosas, incentivos financeiros e adaptação

1. "*Cars and the Green Transition: Challenges and Opportunities for European Workers*," IMF WP/23/116 ©2023 Fundo Monetário Internacional, tradução em português produzida sob licença pela Editora Annablume. O Fundo Monetário Internacional não aceita qualquer responsabilidade pela precisão desta tradução, que não é oficial; em caso de discrepâncias, a versão em inglês prevalecerá. Tradução do inglês: Regina Vargas.

das preferências dos consumidores. Como resultado, os registros de novos veículos elétricos saltaram de 150 mil unidades em 2015 para quase dois milhões em 2022, e as principais montadoras vêm anunciando metas cada vez mais ambiciosas para a eletrificação de suas frotas.

Na União Europeia, a transformação do setor automotivo tem potencial para gerar impactos profundos sobre o emprego. Atualmente, estima-se que mais de 14,5 milhões de pessoas — cerca de 7% da força de trabalho da UE — dependem direta ou indiretamente dessa indústria para sua subsistência. Em diversos países, o setor automotivo desempenha papel estratégico. Na Alemanha, maior produtor de automóveis da Europa, ele representa aproximadamente 20% da manufatura, 12% do emprego e 10% das exportações de bens. Em países da Europa Central, Oriental e do Sudeste, como Tchéquia e Eslováquia, a relevância é ainda maior. Caso a redução da demanda por trabalhadores, provocada pela transformação tecnológica, não seja compensada por oportunidades em outros setores da economia, ou se os trabalhadores dispensados não conseguirem se realocar facilmente para áreas ou regiões em crescimento, a transição para a produção de veículos elétricos poderá acarretar custos de ajuste significativos, especialmente no curto e médio prazo. Para mitigar esses impactos, políticas de requalificação profissional e incentivos à mobilidade laboral podem ser fundamentais, além do estímulo ao desenvolvimento de setores emergentes, como energias renováveis e tecnologia da informação.

Para minimizar as perdas potenciais decorrentes da transição para veículos elétricos, diversos países têm implementado políticas para reter ou atrair fabricantes de EVs e seus fornecedores. Exemplos dessas iniciativas incluem o *European Chips Act*, na União Europeia; o *Inflation Reduction Act* (IRA) nos Estados Unidos; e o *Production Linked Incentives Schemes*, na Índia.[2] Nos Estados Unidos, o IRA de 2022 estabelece subsídios condicio-

2. N.T: O *European Chips Act*, que vigora na UE desde setembro de 2023, tem por objetivo melhorar a competitividade e a resiliência europeias em tecnologias e aplicações de semicondutores, com vistas a alcançar a transição digital verde. Prevê a mobilização de mais de € 43 bilhões em investimentos públicos e privados para fazer frente à escassez de semicondutores na Europa. O *Inflation Reduction Act* é uma lei federal dos EUA de reforma do sistema tributário, que vigora desde 2022, tendo por objetivo reduzir o déficit orçamentário do governo federal, reduzir os preços dos medicamentos e investir na produção nacional de energia, incentivando a energia limpa. A lei prevê créditos pela aquisição de veículos elétricos. O *Production Linked Incentive* é um programa do governo indiano que prevê incentivos à produção nacional, visando impulsionar o setor manufatureiro e reduzir as importações. Prevê incentivos a indústrias estrangeiras para instalarem unidades de produção na Índia. Prevê investimentos de 28 bilhões de dólares em 13 setores, entre os quais o automotivo, com fundos destinados à produção de veículos elétricos e movidos a hidrogênio e à produção de células de baterias para EVs, entre outros.

nados ao conteúdo nacional, exigindo que parte da produção e montagem dos veículos ocorra em território americano. Essa exigência pode colocar empresas europeias em desvantagem competitiva, incentivando a transferência de produção para os EUA. Em resposta, a União Europeia lançou o "Plano Industrial do Pacto Ecológico", flexibilizando temporariamente as regras de concorrência para ampliar os subsídios às empresas europeias. Essa medida visa neutralizar os incentivos oferecidos pelo IRA e evitar a migração de investimentos para fora da Europa.

Apesar da significativa preocupação quanto às implicações da transição automotiva para o mercado de trabalho, ainda existem importantes lacunas na compreensão de como esse processo irá se desenrolar. Conforme destaca Galgóczi (2019), "a única certeza é que as mudanças serão massivas e que quase todos os empregos no setor serão afetados em alguma extensão". Os estudos existentes buscam estimar os possíveis efeitos da transição para veículos elétricos (EVs) sobre o emprego, utilizando abordagens *bottom-up e top-down*, que serão detalhadas adiante. Essas pesquisas apresentam estimativas variadas de perdas ou ganhos de postos de trabalho, dependendo de fatores como demanda futura, distribuição internacional da produção de componentes automotivos e políticas adotadas. No entanto, até o momento, não há evidências empíricas robustas sobre o impacto da transição para a produção de EVs sobre os trabalhadores do setor automotivo e os mercados de trabalho regionais, especialmente devido à recente introdução da produção de veículos elétricos na Europa.

Este capítulo busca preencher uma lacuna na literatura ao examinar empiricamente a relação entre emprego e produção de veículos elétricos (EV) na União Europeia. Para isso, analisamos a rápida expansão da produção de EVs desde 2017 e as diferenças na velocidade de adoção entre os países da UE. Utilizamos dois exercícios complementares: o primeiro, baseado em dados setoriais, mostra que o emprego em setores ligados a motores a combustão interna cresceu mais lentamente nos países onde a participação dos EVs nas exportações aumentou mais rapidamente entre 2015 e 2019[3]. Embora essa evidência indique uma redução do emprego nesses setores, ela não esclarece o impacto sobre o mercado de trabalho como um todo. Por isso, realizamos um segundo exercício empírico, que revela que os tra-

3. Nossos achados são suficientemente robustos para expandir o horizonte de tempo incluindo 2020. No entanto, dada a pandemia de covid-19 e os choques de demanda e oferta que foram especialmente prejudiciais para o setor automotivo (ver Boranova *et al*., 2022), nossos pontos de referência excluem o período pós-covid-19.

balhadores afetados pela transição para EVs não conseguiram se realocar facilmente em outros setores, resultando em impactos negativos sobre o emprego agregado.

A partir de dados sub-regionais de emprego de todos os países da União Europeia, demonstramos que, dentro de um mesmo país, as regiões cuja estrutura ocupacional era fortemente vinculada à manufatura automotiva antes da expansão dos veículos elétricos (EVs) apresentaram crescimento mais lento ou até mesmo redução no emprego, especialmente nos países onde as exportações de EVs aumentaram mais rapidamente. Por outro lado, observamos que políticas públicas voltadas ao mercado de trabalho, como investimentos em formação profissional, podem mitigar esses efeitos negativos. Em países que destinam mais recursos à capacitação de trabalhadores, a relação entre a eletrificação e as perdas de emprego regional é significativamente menor. Além disso, dados detalhados da Alemanha indicam que trabalhadores do setor automotivo têm boas perspectivas de realocação em setores "verdes" — áreas com alta concentração de ocupações voltadas à sustentabilidade ambiental, que tendem a crescer durante a transição para energias limpas.

Em conjunto, os achados deste capítulo sugerem que a transformação do setor automotivo pode ter consequências adversas para o emprego de trabalhadores na manufatura de veículos e em setores relacionados a ICE. No entanto, políticas efetivas e consistentes voltadas a trabalho e emprego, especialmente aquelas focadas na capacitação de trabalhadores, poderiam facilitar o processo e ajudar a acelerar a adaptação à profunda transformação do setor.

Este estudo contribui para diferentes vertentes da literatura sobre os impactos da transição tecnológica na indústria automotiva. Em particular, complementa pesquisas anteriores ao apresentar estimativas empíricas inéditas sobre a relação entre a expansão da produção de veículos elétricos (EVs) e o emprego no setor. A maioria dos estudos disponíveis, conduzidos por instituições de políticas públicas, consultorias e associações industriais, adota duas principais abordagens metodológicas. A primeira, denominada *bottom-up*, consiste em calcular o número de horas de trabalho necessárias para fabricar e montar cada componente de um veículo. Por exemplo, Bauer *et al.* (2018) estimam que, até 2030, poderá haver uma redução de 11% a 35% (equivalente a 23.000-97.000 postos de trabalho) no número de trabalhadores necessários, dependendo da participação dos EVs nas ven-

das anuais (de 25% a 80%). Por outro lado, Küpper *et al.* (2020) apresentam uma perspectiva mais otimista, sugerindo que a produção de EVs demanda esforço de trabalho semelhante ao dos veículos com motor a combustão interna (ICEs). No entanto, caso a fabricação e montagem das células de bateria sejam terceirizadas, estima-se uma redução de 7% nas horas de trabalho necessárias.[4]

Em contrapartida, diversas abordagens *top-down* aplicadas a países selecionados estimaram os efeitos da transição para veículos elétricos na atividade econômica em nível nacional, o que, portanto, afeta a demanda das empresas por trabalhadores. Para os EUA, Barrett *et al.* (2021) propõem cenários para as vendas de diferentes tipos de veículos e estimam a perda de 75.000 empregos ao longo do tempo, caso o país não conquiste uma fatia maior do mercado global de *powertrains* para veículos elétricos (motores elétricos e baterias).[5] Mönnig *et al.* (2019) analisam cenários de vendas de veículos na Alemanha e concluem que a transição para veículos elétricos levará, em última análise, a uma perda líquida de 114.000 empregos até 2035. Usando um modelo alternativo de atividade econômica, uso de energia e emissões de gases de efeito estufa, a *European Climate Foundation* (2017), por outro lado, prevê 145.000 empregos a mais na Alemanha, até 2030, se novos modelos de veículos forem desenvolvidos, do que em um cenário em que carros antigos continuam a ser substituídos por modelos atuais, mais econômicos, mas sem o desenvolvimento de novos modelos, já que os ganhos com eficiência energética mais do que compensam os custos mais altos de produção de veículos.[6,7]

Este capítulo insere-se na literatura empírica sobre os impactos do progresso tecnológico no mercado de trabalho (cf. Graetz e Michaels, 2015;

4. Outros estudos *bottom-up* incluem Spath *et al.* (2012), Bauer *et al.* (2020), NPM (2020) e Kuhlmann *et al.* (2021).

5. Alternativamente, os ganhos de empregos poderiam alcançar 150.000 se os EUA conquistassem a mesma fatia de mercado que detêm nos *powertrains* ICEs (motor e sistemas auxiliares) e aumentassem de 50% para 60% a fatia de veículos vendidos que são também produzidos internamente.

6. Outros estudos *top-down* incluem von dem Bach *et al* (2020), Bernardt *et al.* (2022), Prandin *et al.* (2022), Mönnig *et al.* (2021), Schade *et al.* (2014) e TAB (2012).

7. Outros estudos não utilizam modelos econômicos. A CLEPA (2021) parte de avaliações sobre o provável desenvolvimento da produção em diferentes setores e constata que 275.000 empregos seriam perdidos ao longo do tempo na Europa se as emissões de CO_2 dos escapamentos fossem 100% menores em 2035 e as baterias fossem produzidas localmente. Considerando os empregos relacionados à tecnologia ICE, Falck *et al.* (2021) constataram que 613.000 empregos seriam afetados pela transição para veículos elétricos, embora esse número exclua os empregos necessários para a produção de veículos elétricos ou a expansão da infraestrutura.

Gregory *et al*., 2016; Acemoglu e Restrepo, 2017; Autor e Salomons, 2017, 2018; Edin *et al*., 2019; Grigoli, Kóczán e Topalova, 2020), ao analisar de forma inédita o setor automotivo europeu — um segmento estratégico que enfrenta profundas transformações tecnológicas. Além disso, o estudo amplia o debate sobre os custos econômicos da transição verde e as políticas de mitigação climática, abordando as implicações para o emprego decorrentes dessas mudanças (ver FMI, 2022a; FMI, 2022b; Bluedorn *et al.,* 2022).[8]

Este capítulo está organizado em quatro partes principais. Primeiramente, apresenta-se um panorama das mudanças recentes no setor automotivo europeu e das políticas que sustentam essa transformação. Em seguida, são estimados, com base em dados empíricos, os possíveis impactos da transição para veículos elétricos sobre o mercado de trabalho, considerando as diferenças entre setores e regiões. A terceira parte examina como políticas públicas podem contribuir para mitigar os efeitos negativos sobre o emprego. Por último, discute-se as perspectivas de realocação dos trabalhadores dos segmentos mais afetados, culminando com as conclusões do estudo.

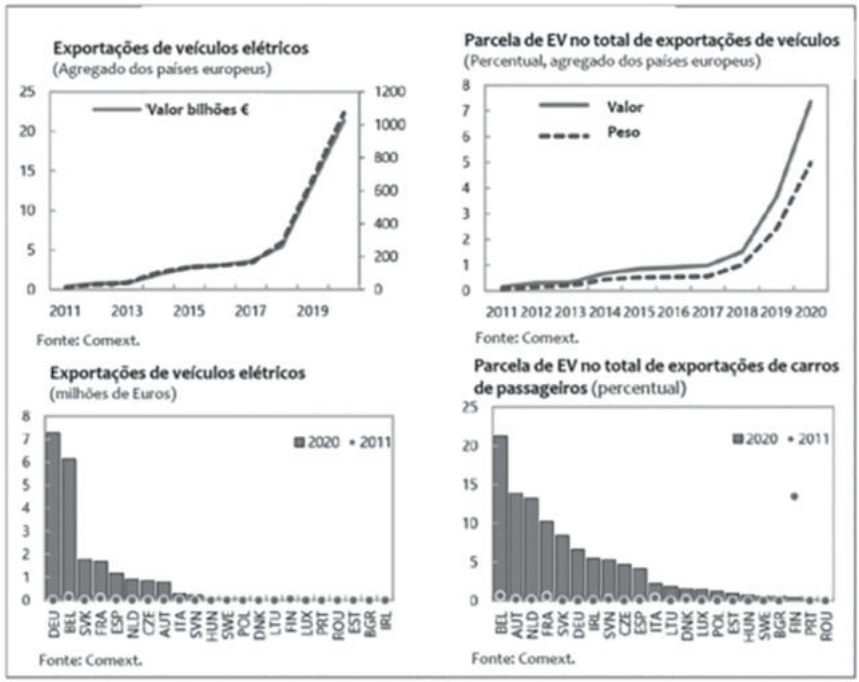
A transição para os veículos elétricos

O setor automotivo europeu passa por uma transformação histórica, marcada pela rápida eletrificação de sua frota — tendência que, segundo Delanote *et al*. (2022), define o futuro da indústria. As principais montadoras vêm reduzindo gradualmente os investimentos em motores a combustão interna (ICEs) e estabelecendo metas ambiciosas para a produção de veículos elétricos. Entre 2016 e 2022, a participação dos veículos elétricos e híbridos nas vendas automotivas saltou de 2% para mais de 45%, refletindo um crescimento acelerado tanto na produção quanto nas exportações desses veículos. Em 2020, as exportações europeias de veículos elétricos quadruplicaram em relação a 2015, atingindo 7% do total de automóveis leves de passageiros exportados. Destaca-se a Alemanha como principal exportadora em termos absolutos, enquanto países como Bélgica, Áustria e

8. Estudos acadêmicos sobre a indústria automotiva têm se concentrado, em grande parte, na estimativa de modelos estruturais de demanda e oferta e na avaliação de diversas políticas comerciais (Feenstra, 1984, 1988; Goldberg, 1995, Goldberg e Verboven, 2001). Mais recentemente, uma crescente literatura examina a adoção de EVs pelos consumidores e a eficácia de políticas de incentivos (ver, por exemplo, Anghel, Auciello e Lacuesta, 2022; Azarafshar e Vermeulen, 2020; Clinton e Steinberg, 2019; Jenn *et al*., 2018; Mersky *et al.,* 2016, Muehlegger e Rapson, 2022; Münzel *et al.,* 2019; Wee *et al*., 2018).

Holanda registraram que os veículos elétricos representaram mais de 10% de suas exportações totais de automóveis (Figura 1).

Figura 1 – Exportações de veículos elétricos



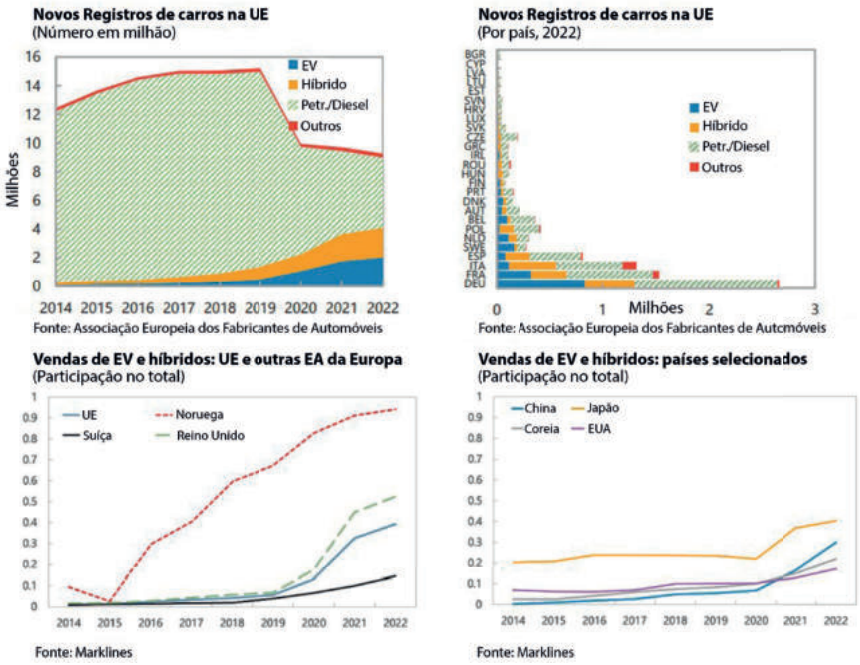
Fonte: Comext.

O crescimento da oferta de veículos elétricos e híbridos tem sido acompanhado por um aumento expressivo na demanda, impulsionado por incentivos fiscais e subsídios governamentais.[9] Na Alemanha, por exemplo, veículos elétricos e híbridos representaram quase metade dos registros de novos veículos em 2022 — cinco vezes mais do que em 2019. Na Noruega, esse percentual ultrapassou 94% no mesmo ano. Outros países europeus, como Suécia, Holanda, Finlândia, Islândia e Dinamarca, também apresentaram taxas superiores a 55%. Embora a União Europeia lidere a adoção desses

9. Estudos disponíveis mostram que a oferta de subsídios aumenta significativamente a adoção de veículos elétricos (ver, por exemplo, Münzel *et al.*, 2018, para uma revisão da literatura e Muehlegger e Rapson, 2022, para evidências dos EUA).

veículos, mercados de grande porte fora da Europa, como China, Coreia do Sul e Estados Unidos, também têm registrado crescimento acelerado na demanda por veículos elétricos e híbridos (Figura 2).

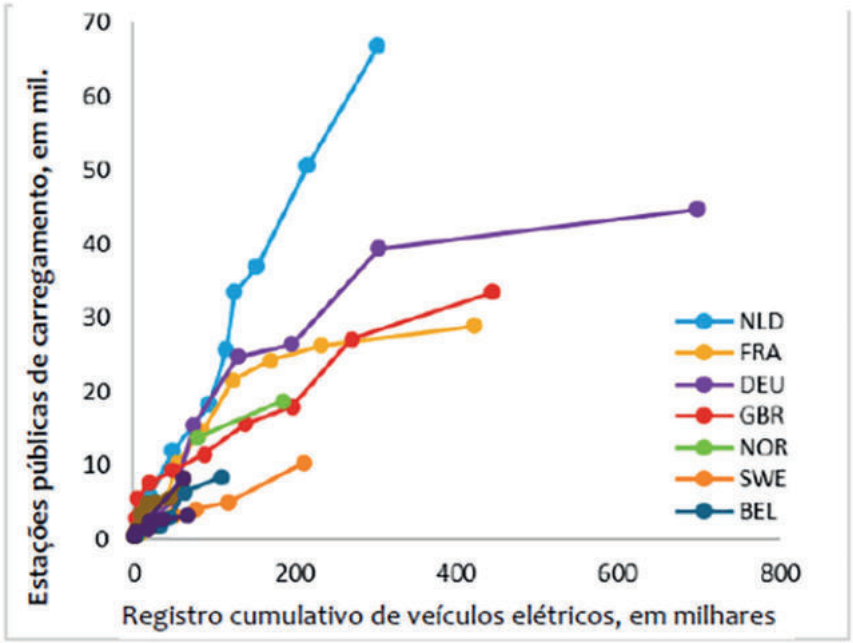
Figura 2 – Novos registros e vendas de veículos elétricos



Fonte: Associação Europeia dos Fabricantes de Automóveis e Marklines.

A infraestrutura de carregamento de veículos elétricos também está crescendo em ritmo acelerado. A expansão de estações de carregamento superou o crescimento dos registros de veículos elétricos na década de 2010, especialmente na Holanda, França e Alemanha, embora o ritmo tenha desacelerado nos últimos anos. A densidade de carregadores varia consideravelmente entre os países: a Holanda lidera com cerca de 50 estações por 100 mil habitantes, enquanto a maioria dos demais países europeus apresenta menos de 10 estações por 100 mil habitantes. Essa diferença é ilustrada na Figura 3, que destaca o papel da infraestrutura na adoção de veículos elétricos.

Figura 3 – Estações de carregamento de veículos elétricos (2012 a 2020)



Fonte: Observatório Europeu de Combustíveis Alternativos e Agência Europeia para o Meio Ambiente.

O crescimento acelerado da eletrificação no setor automotivo europeu tem sido impulsionado principalmente por mudanças regulatórias, com a definição de metas ambiciosas para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). O transporte é um dos principais focos da descarbonização, respondendo por cerca de 25% das emissões globais de CO_2 — proporção semelhante à observada na União Europeia — e quase metade desse total é atribuída aos veículos leves.[10] A adoção de veículos elétricos movidos a bateria representa uma estratégia eficaz para mitigar essas emissões. Considerando todo o ciclo de vida dos EVs — desde a produção até o descarte — suas emissões de GEE[11] são aproximadamente 50% menores em comparação aos veículos com motores a combustão interna. Esse diferencial tende a aumentar à medida que energias renováveis passam a ser mais utilizadas tanto na fabricação dos veículos

10. Alguns estudos também estimam que a combustão de combustíveis fósseis no transporte contribui para cerca de 242.000 mortes prematuras a cada ano em todo o mundo (Chambliss *et al.*, 2014).

11. A dificuldade em descarbonizar caminhões pesados, transporte marítimo e companhias aéreas coloca um fardo extra na descarbonização de veículos leves de passageiros.

quanto na geração de eletricidade para abastecê-los. Segundo estimativas da *International Energy Agency* (IEA, 2022), o uso de eletricidade de baixo carbono pode proporcionar uma redução adicional de até 25% nas emissões dos veículos elétricos.

Atualmente, a União Europeia (UE) estabelece metas rigorosas para as emissões de CO_2 de veículos. Para carros de passeio, o limite é de 95 gramas de CO_2 por quilômetro, enquanto para veículos comerciais leves (vans), o limite é de 147 g/km, conforme o Regulamento da UE 2019/631. Essas metas se aplicam à média das emissões de todos os veículos registrados pela primeira vez na UE a cada ano. Para garantir o cumprimento dessas metas, são definidos requisitos específicos para cada fabricante, baseados no peso médio dos veículos produzidos. Assim, fabricantes de veículos mais pesados, como BMW e Daimler, têm limites individuais menos rigorosos, enquanto fabricantes de veículos mais leves, como Fiat e Renault, enfrentam exigências mais restritivas. O objetivo é que, em média, todos os fabricantes[12] contribuam para o alcance das metas globais. Caso um fabricante ultrapasse seu limite anual de emissões, ele estará sujeito a multas proporcionais ao excesso de gramas de CO_2 por quilômetro.[13] As metas da UE serão progressivamente fortalecidas. Até 2025, os limites para carros e vans serão reduzidos para 81 e 125 g/km, respectivamente. Em 2030, esses valores cairão ainda mais, para 59 g/km para carros e 101 g/km para vans.

No contexto do Pacto Ecológico Europeu, a União Europeia estabeleceu metas ambiciosas para a redução das emissões de gases de efeito estufa: 55% até 2030, em relação aos níveis de 1990, e neutralidade total até 2050. Para alcançar esses objetivos, o pacote regulatório "*Fit for 55*" propõe uma série de revisões nas políticas climáticas, energéticas e de transporte, incluindo a exigência de que todos os automóveis e vans novos comercializados a partir

12. Há pelo menos duas isenções na regulamentação que facilitam o cumprimento pelos fabricantes. Primeiro, diferentes fabricantes podem agrupar suas emissões, sendo efetivamente regulados como uma única entidade. Segundo, a regulamentação oferece aos fabricantes incentivos adicionais para vender veículos com zero ou baixas emissões (aqueles que emitem 50 gramas ou menos de dióxido de carbono por quilômetro). Esses incentivos, disponíveis até 2022, permitiam aos fabricantes contabilizar esses veículos mais de uma vez no cálculo de suas emissões.

13. Atualmente, a multa é fixada em € 95 por grama por quilômetro que excede o limite. Por exemplo, se as emissões de um veículo excederem a meta em 10 gramas por quilômetro, e 100.000 veículos do fabricante tiverem sido registrados na UE naquele ano, o fabricante deverá pagar uma multa de € 9,5 milhões. Desde 2021, as exigências relativas a emissões são baseadas no procedimento mundialmente harmonizado de teste para veículos leves (worldwide harmonized light vehicles test procedure - WLTP). Para evitar fraudes nos testes de emissões, as normas exigem a coleta adicional de dados de emissões dos sistemas de monitoramento de bordo dos veículos, em tempo real ou durante a manutenção do veículo.

de 2035 sejam veículos de zero emissões. Além disso, o *Fit for 55* determina que os Estados-Membros ampliem a infraestrutura pública de recarga para veículos elétricos e de reabastecimento para veículos de baixas emissões, como os movidos a hidrogênio. [14] Paralelamente, diversos países europeus vêm estabelecendo prazos próprios para proibir a venda ou o registro de novos veículos com motores a combustão interna, estendendo em alguns casos a restrição também aos híbridos *plug-in*. Por exemplo, a Noruega pretende implementar essa proibição já em 2025, enquanto França e Reino Unido fixaram metas para 2030 e 2035, respectivamente (Figura 4).

Figura 4 – Países da Europa com legislação que estabelece metas oficiais para eliminação gradual de 100% de venda de veículos movidos a ICE (país e ano previsto para o fim das vendas)

Fonte: Conselho Internacional de Transporte Limpo (ICCT).

Nota: Inclui países que estabeleceram metas para permitir venda ou registro somente de veículos novos elétricos a bateria ou a célula de combustível, a partir de fevereiro de 2023. Os veículos em foco são carros de passageiros e vans/caminhonetes.

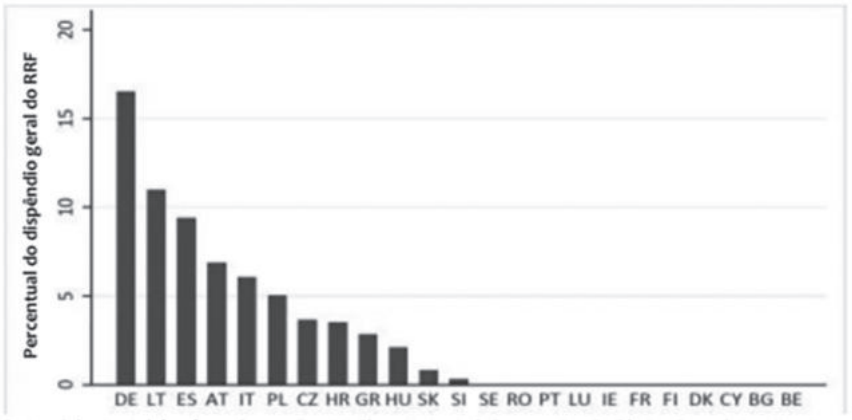
* Indica que a meta do país vale apenas para carros de passageiros.

Além das regulamentações, os investimentos públicos desempenham papel fundamental na eletrificação do setor automotivo europeu. Diversos governos da União Europeia estabeleceram metas para que todas as compras públicas de veículos sejam de emissão zero até determinados prazos, medida

14. As propostas especificam que as infraestruturas de recarga elétrica para veículos leves não devem exceder 60 km de distância umas das outras, enquanto para veículos pesados não devem exceder 60 km de distância umas das outras ao longo das rotas mais importantes da Rede Transeuropeia de Transportes e a não mais de 100 km de distância umas das outras nas demais rotas.

que pode acelerar a descarbonização do transporte, especialmente devido ao tamanho das frotas gerenciadas pelo setor público.[15] O Fundo de Recuperação e Resiliência (*EU Recovery and Resilience Facility* – RRF), principal instrumento do plano de recuperação pós-pandemia da UE, destinou € 700 bilhões para estimular tecnologias limpas. Desse total, cerca de € 71 bilhões foram alocados para iniciativas de mobilidade sustentável, abrangendo a aquisição de veículos de baixa ou zero emissão, expansão de postos de recarga e investimentos em transporte público ecológico.[16] Países como Espanha, Áustria, Itália e Alemanha, em que o setor automotivo tem grande peso industrial, figuram entre os principais beneficiários desses recursos (Figura 5).

Figura 5 – Gastos destinados ao setor automotivo financiado pelo RRF
(percentual do dispêndio geral do RRF)



Fonte: Delanote *et al*. (2022), com base no Eurostat, Planos Nacionais de Recuperação e Resiliência e Banco de Investimento Europeu (EIB).

15. A compra pública anual de veículos foi estimada em cerca de 110.000 automóveis de passageiros, 110.000 veículos de carga leves, 35.000 caminhões e 17.000 ônibus para a UE-25 (composição da UE de 01/05/2004 a 31/12/2006). Na COP26, 15 países, incluindo cinco da UE (Áustria, Dinamarca, Finlândia, Luxemburgo e Holanda), comprometeram-se a limitar suas compras de ônibus apenas a veículos de emissão zero até 2040. Dinamarca e Holanda têm como meta atingir esse objetivo até 2025, e a Áustria até 2032.

16. As despesas incluem incentivos fiscais para a compra de veículos novos (seis países) ou isenções fiscais sobre registro (Alemanha) ou recarga (Dinamarca). Treze países planejam usar o RRF para financiar a compra de ônibus com emissão zero. Os RRF de dezessete países incluem planos para investir em infraestrutura de recarga e reabastecimento para combustíveis alternativos, incluindo eletricidade, hidrogênio e gás natural. Outras iniciativas para o RRF incluem pesquisa e desenvolvimento de hidrogênio (França, Itália), produção de componentes para células de combustível (Alemanha) e construção de unidades de reciclagem de baterias de carros elétricos (Grécia).

Nota: Inclui gastos em incentivos para a compra de veículos elétricos e para estações de carregamento. Exclui gastos com estradas.

Em resposta às novas exigências regulatórias, as principais montadoras tradicionais vêm acelerando seus planos de eletrificação, anunciando investimentos significativos e estabelecendo cronogramas explícitos para a transição aos veículos elétricos. Segundo Delanote *et al.* (2022), comunicados recentes das fabricantes indicam que, até 2030, 50% dos veículos BMW e 40% dos veículos Ford serão totalmente elétricos, enquanto a Renault pretende eletrificar 30% de sua frota já em 2025. Essas metas, especialmente no contexto europeu, são consideravelmente mais ambiciosas do que as adotadas em outros mercados globais. [17] Vale ressaltar, porém, que a comparação entre os objetivos das montadoras é dificultada por diferenças na definição dos tipos de veículos incluídos: algumas empresas contabilizam veículos elétricos a bateria, híbridos *plug-in* e modelos a célula de combustível, enquanto outras consideram apenas os elétricos a bateria. Apesar dessas variações, a eletrificação tornou-se elemento central nas estratégias de marketing e nos planos de investimento do setor automotivo europeu.[18]

Evidências dos efeitos no emprego

Para esclarecer os efeitos da transição para veículos elétricos sobre o emprego, realizamos uma análise comparativa da expansão da produção desses veículos na União Europeia desde 2015. Consideramos, em especial, as diferenças na velocidade de adoção entre os países do bloco. Para isso, aplicamos dois métodos complementares.

No primeiro, analisamos dados setoriais de emprego para verificar se, nos países da União Europeia onde a participação das exportações de veículos elétricos (EVs) aumentou mais rapidamente entre 2015 e 2019, os setores fortemente ligados à manufatura de motores a combustão interna (ICE) apresentaram crescimento de emprego significativamente mais lento em comparação a outros setores. Essa evidência inicial indica que a transição para veículos elétricos pode impactar negativamente o emprego nos setores

17. Por exemplo, a Nissan e a PSA-Stellantis têm como meta, até 2030, que 70% das vendas de carros europeus seja de elétricos, mas para os EUA a meta é de apenas 40%. Até 2030, a Volkswagen tem como meta que 70% das vendas de carros na Europa sejam de elétricos, mas para a China e os EUA a meta é de 50% (Delanote *et al.,* 2022).

18. Por exemplo, a Toyota anunciou investimentos no valor de US$ 35 bilhões; a Volkswagen, Stellantis, Ford e BMW anunciaram investimentos no valor de US$ 30 bilhões cada (Delanote *et al.* 2022).

relacionados a ICE. No entanto, essa análise não permite avaliar os efeitos mais amplos sobre o mercado de trabalho como um todo. Caso os trabalhadores dispensados da indústria automotiva consigam se realocar facilmente em outros setores — como os ligados à infraestrutura de mobilidade elétrica — o impacto líquido sobre o emprego agregado tende a ser menor.

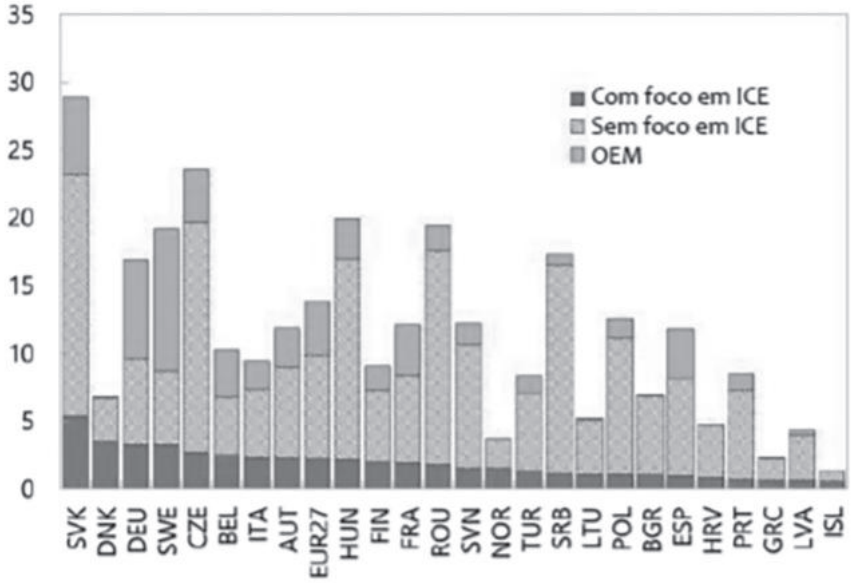
Para superar a limitação identificada no primeiro exercício empírico, realizamos uma segunda análise baseada em dados sub-regionais de emprego em todos os países da União Europeia. O objetivo foi investigar se, nos países onde as exportações de veículos elétricos cresceram mais rapidamente, as regiões que já apresentavam uma estrutura ocupacional mais dependente da manufatura de veículos a combustão interna antes da expansão dos EVs sofreram maiores perdas de emprego ou tiveram crescimento mais lento no emprego. Os detalhes sobre os dados utilizados encontram-se no Anexo I.

Evidências baseadas nas diferentes exposições de setores à eletrificação do setor automotivo

Para examinar empiricamente se existe um vínculo entre o nível de emprego e a transição para a produção de EV, exploramos a variação na exposição de setores à expansão de EV. A transição para veículos elétricos (EVs) impacta de forma desigual os diferentes setores da indústria automotiva. Automóveis exigem milhares de componentes, desde itens simples, como pastilhas de freio, até motores sofisticados. Com a eletrificação, alguns componentes permanecem essenciais, enquanto outros, ligados exclusivamente aos motores a combustão interna (ICE), tendem a se tornar obsoletos. Setores que produzem peças utilizadas tanto em ICE quanto em EVs, como carrocerias, pneus e câmaras de ar, são menos afetados pela mudança. Por outro lado, fabricantes de bombas, compressores, rolamentos e engrenagens, voltados apenas para ICE, podem enfrentar uma queda significativa na demanda. Os *Original Equipment Manufacturers* (OEMs), responsáveis pela montagem dos veículos, terão papel fundamental na requalificação dos trabalhadores, adaptando-os para a produção de EVs. Nos principais países europeus, como Eslováquia, Dinamarca e Alemanha, cerca de 3% dos trabalhadores industriais atuam em setores focados em ICE, enquanto OEMs empregam aproximadamente 7% do total.[19]

19. Falck *et al*. (2021) estimam que 7% do emprego total na Alemanha serão diretamente afetados pela transição para EV, tanto positivamente (por exemplo, fabricação de componentes eletrônicos) quanto negativamente (por exemplo, dispositivos para motores de combustão).

Figura 6 – Emprego em setores vinculados à indústria automotiva (percentual do emprego total no setor industrial, 2019).



Fonte: Eurostat – Estatísticas Estruturais das Empresas Europeias.

Nota: Para Bélgica (BEL), Islândia (ISL), Itália (ITA), Portugal (PRT) e Suécia (SWE), os dados partem de 2018. Para França (FRA) e Turquia (TUR) os dados partem de 2017 e 2014, respectivamente.

Para estimar a relação entre emprego setorial e a transição dos veículos com motor a combustão interna (ICE) para veículos elétricos (EV), analisamos a variação na exposição dos setores à penetração dos EVs, considerando também as diferenças entre países quanto ao ritmo dessa transição. Com a queda da demanda por ICE, é esperado que o crescimento do emprego nos setores especializados nesse tipo de motor seja inferior ao observado em outros segmentos da indústria automotiva, como os OEMs ou setores não focados em ICE — especialmente em países que avançaram mais rapidamente na produção de EVs. Para testar essa hipótese, utilizamos dados desagregados de emprego setorial de um painel composto por 26 países europeus, no período de 2015 a 2019, marcado pela expansão das exportações de veículos elétricos.[20] Os 13 setores ligados à produção automotiva foram

20. Os países incluídos são AUT, BEL, BGR, CZE, DEU, DNK, ESP, EST, FIN, FRA, GBR, GRC, HRV, HUN, IRL, ITA, LTU, LUX, LVA, NLD, POL, PRT, ROU, SVK, SVN, SWE. Os setores incluídos são

classificados em três grupos: focados em ICE, não focados em ICE e OEM, conforme seus produtos e funções na Rede Global de Produção Automotiva, seguindo a metodologia de Kuhlmann *et al.* (2021). Esses dados foram então combinados com a participação dos EVs no total das exportações de veículos de cada país. [21]

Especificamente, estimamos a seguinte equação:

$$\ln E_{spt} = \lambda \ln E_{spt-1} + \beta \times (Participação_EV_exportações_{pt} \times D_s) + \gamma \ln Q_{pt} + \alpha_{sp} + \epsilon_{spt} \quad (1)$$

onde a variável dependente é o logaritmo natural do número de empregados no setor *s*, país *p*, no ano *t,* denotado por E_{spt}. A variável-chave é a exposição a veículos elétricos — que é igual à participação das exportações de veículos elétricos no total de exportações de automóveis leves de passageiros do país *p* no período *t* ($Participação_EV_exportações_{pt}$) multiplicada por uma variável indicadora (*dummy*) (D_s), indicando se o setor é focado em ICE ou não. As exportações totais de automóveis leves de passageiros (Q_{pt}) são incluídas para capturar a tendência agregada na indústria automotiva no nível do país. Dada a falta de dados sobre características setoriais em um nível tão desagregado, adotamos uma configuração de painel dinâmico incluindo o valor defasado do número de funcionários ($\ln E_{spt-1}$) como uma variável de controle. α_{sp} denota efeitos fixos do setor do país. Para evitar o viés no estimador de efeitos fixos para painel dinâmico, usamos o método *jackknife* de reamostragem com base em Chudik, Pesaran e Yang (2018).

As estimativas de regressão sugerem que o emprego em setores focados em motores a combustão interna está negativamente relacionado à expansão das exportações de veículos elétricos na amostra de economias europeias. Um aumento de um ponto percentual na participação dos EVs no total de exportações de automóveis está associado a um declínio de 1,4% no emprego em setores focados em ICEs, em relação

C2211, C2312, C2620, C2711, C2720, C2740, C2813, C2815, C2825, C2910, C2920, C2931, C2932, na classificação NACE Rev 2.

21. As exportações de carros ICE e EV são usadas como um *proxy* para a produção, uma vez que dados sobre a produção de carros por tipo de combustível não estão prontamente disponíveis para todos os países europeus em nossa amostra.

a outros setores no curto prazo ($\hat{\beta} = -0{,}014$ na Tabela 1, coluna 1) e a um declínio relativo de 6,3% no longo prazo ($\hat{\beta} / (1 - \hat{\lambda}) = -0{,}064$). Este é um impacto economicamente significativo. Em todos os países da nossa amostra, o crescimento mediano do emprego nos setores focados em motores a combustão interna foi de 2,8% em 2015. Com base no aumento mediano da participação de EV no total de exportações de automóveis entre 2015 e 2019, o país mediano apresentou uma redução de 0,3% no crescimento do emprego nos setores focados em ICE. O 75º percentil de aumento na participação de veículos elétricos reduziria a taxa de crescimento em 0,9%. Com maior exposição a EV no topo da distribuição, o crescimento do emprego pode se tornar negativo para os setores focados em ICE. Para os OEMs, que poderiam mitigar o impacto da transição de ICE para EV requalificando os trabalhadores na linha de montagem, o crescimento do emprego não é significativamente prejudicado pela expansão de veículos elétricos (Tabela 1, coluna 2).

A descoberta de um impacto no emprego geral e o sinal e a significância estatística dos coeficientes de interesse (β e λ) são robustos mediante várias verificações adicionais. Como nos baseamos em variáveis defasadas para controlar a dinâmica dependente do setor no emprego, primeiro permitimos que defasagens adicionais de emprego e nossa medida de exposição a veículos elétricos afetem o emprego (colunas 3 e 4). Em segundo lugar, permitimos que a relação entre os setores focados em motores a combustão interna e as exportações totais de automóveis seja diferente dos outros setores (coluna 5). Por fim, restringimos a amostra para incluir apenas economias avançadas (coluna 6), onde a qualidade dos dados pode ser melhor, e removemos valores discrepantes cortando o 1º percentil superior e inferior do crescimento do emprego (coluna 7).

Tabela 1 – Desfechos no mercado de trabalho e exposição à produção de EV: Evidências setoriais

	Linha de base	Exposição a EV para OEM	defasagem	Defasagens de 2 anos	Relação específica do setor com veículos	Apenas Economias Avançadas	corte 1%
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Exposição a VE p/ setor focado em ICE	-0.014*	-0.017*	-0.016*	-0.031*	-0.029*	-0.024*	-0.008*
	(0.010)	(0.010)	(0.010)	(0.010)	(0.010)	(0.010)	0.000
ln(empregado) t-1	0.780**	0.779**	0.779**	0.887**	0.778**	0.670**	0.838***
	(0.250)	(0.250)	(0.250)	(0.280)	(0.250)	(0.210)	(0.080)
ln(exportações_de_carros)	**0.103***	**0.104***	**0.104***	**0.150***	**0.111**	**0.143****	**0.072****
	(0.050)	**(0.050)**	**(0.050)**	**(0.060)**	**(0.060)**	**(0.050)**	**(0.030)**
Exposição a EV p/ setor focado em ICE t-1		**-0.014**	**-0.013**	**0.003**	**-0.023**	**-0.028**	
		(0.020)	**(0.020)**	**(0.020)**	**(0.030)**	**(0.030)**	
Exposição a EV p/ OEM		**-0.13**					
		(0.110)					
Exposição a EV p/ OEM $_{t-1}$		**-0.074**					
		(0.230)					
ln(empregados) $_{t-2}$				**-0.179**			
				(0.120)			
Exposição a EV p/ setor focado em ICE$_{t-2}$				**0.018**			
				(0.020)			
ln(exportações_de_carros)*setor focado em ICE					**-0.024**		
					(0.070)		
N	**1112**	**1112**	**1112**	**1032**	**1112**	**916**	**1090**

Fonte: Elaboração própria.

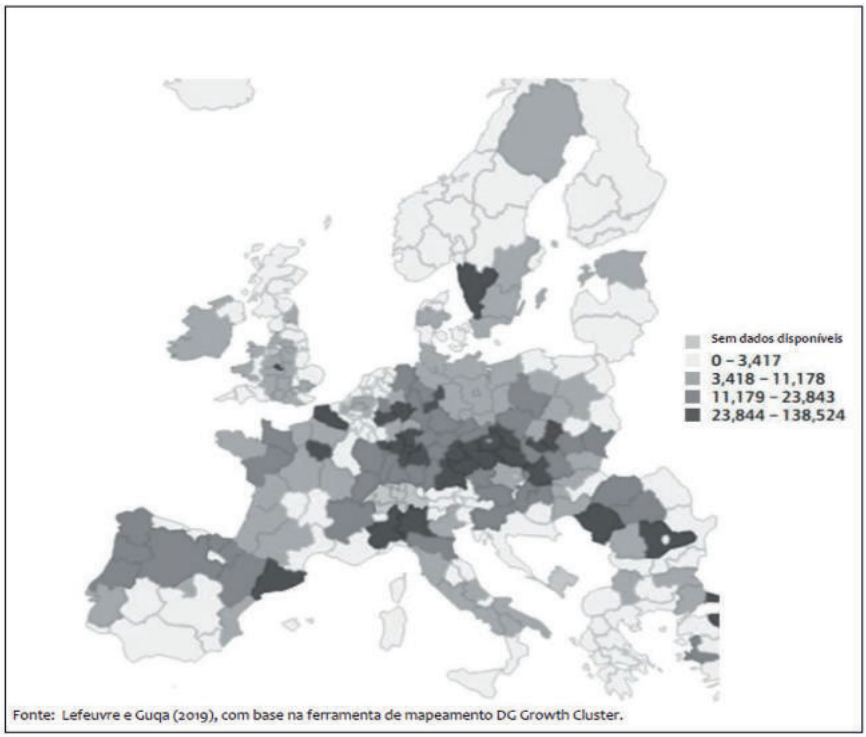
Nota: Todas as regressões incluem efeitos fixos por país e setor. Desvios padrão estão agrupados em nível de país. A exposição a EV para setor com foco em ICE consiste na interação da parcela de exportações de EV no total das exportações de veículos de um país com um indicador de valor 1 para setores com foco em ICE. As regressões são estimadas utilizando-se estimadores *jackknife* de meio painel, com base em Chudik, Pesaran, e Yang (2018).* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01.

A análise setorial concentra-se nas implicações para o emprego decorrentes da transição para veículos elétricos nos setores com foco em motores a combustão interna. Nossa estratégia de análise de diferenças uma a uma não permite esclarecer se os setores com foco em EV na economia experimentaram um aumento absoluto no emprego, ou se os trabalhadores que poderiam ter sido empregados em setores com foco em ICE — não fosse a transição para a produção de EV — encontraram emprego em outros setores. Portanto, o impacto geral pode ser menor ou maior do que as estimativas apresentadas aqui. Além disso, como as Redes Globais de Produção Automotiva frequentemente se estendem para além das fronteiras dos países, pode haver repercussões da expansão de EV em outros países.

Evidências baseadas em diferentes exposições regionais à eletrificação do setor automotivo

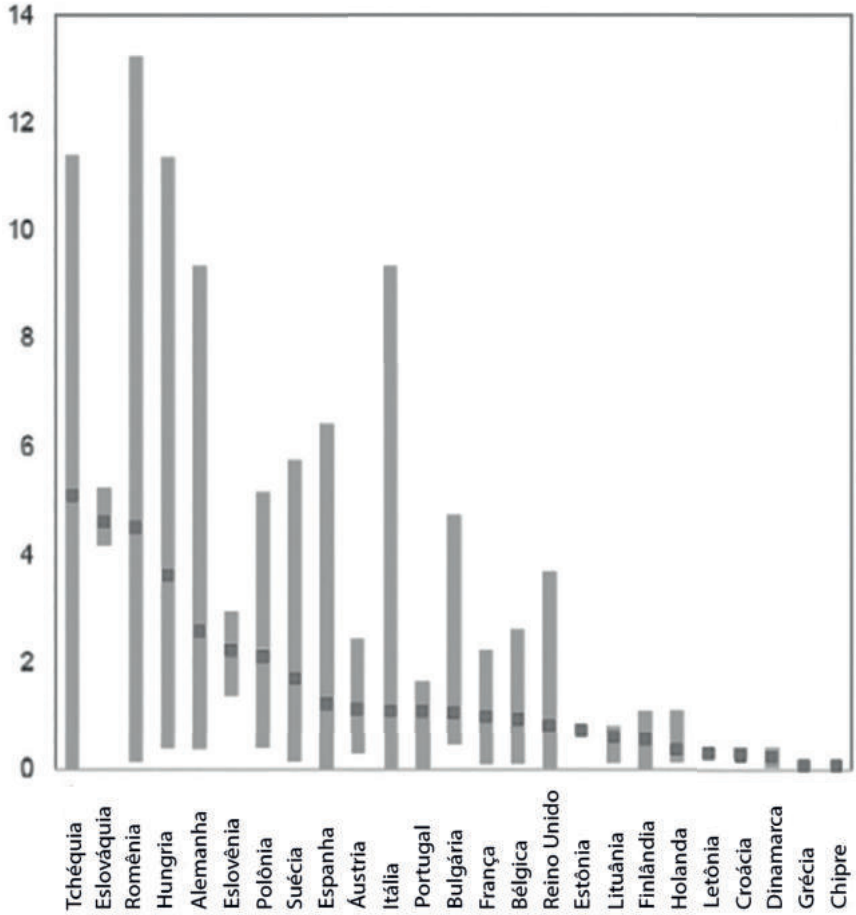
Para investigar o impacto da transição para veículos elétricos sobre o emprego local, consideramos que o setor automotivo europeu apresenta forte concentração geográfica. Em diversos países, a produção de automóveis está restrita a determinadas áreas, o que resulta em grande variação na relevância do setor para os mercados de trabalho regionais (ver Figuras 7 e 8). Para medir o grau de exposição de cada área à transição para EV, analisamos a importância da indústria automotiva como empregadora antes da expansão dos veículos elétricos, juntamente com o crescimento da participação dos EVs nas exportações entre 2015 e 2020. Dessa forma, avaliamos se as alterações nas taxas de emprego e desemprego em diferentes localidades estão associadas à intensidade da transição para veículos elétricos.

Figura 7 – Número de pessoas empregadas na indústria automotiva em regime de tempo integral (RTI) por região, 2015.



Fonte: Lefeuvre e Guga (2019), com base na ferramenta de mapeamento DG Growth Cluster.

Figura 8 – Emprego no setor automotivo por regiões da Europa (em percentual do emprego total).



Fonte: Eurostat – Estatísticas Estruturais das Empresas Europeias e estimativas da equipe técnica do FMI.

Nota: A figura exibe a média percentual regional de trabalhadores empregados no setor automotivo (azul escuro) e a sua variação ao longo do tempo das regiões $NUTS_2$[22] em cada país.

22. N. R. T: NUTS (*Nomenclature of territorial units for statistics*) — Método utilizado na UE para classificação das regiões de cada país, para fins estatísticos. $NUTS_2$ corresponde a regiões básicas para a implementação de políticas regionais.

Mais especificamente, estimamos a seguinte regressão:

$$E_{rpt} = \alpha_{rp} + \alpha_{pt} + \beta \times (Participação_EV_exportações \times participação_Emprego_automotivo_{rp,\,2015}) + controles_{rct} + \epsilon_{rpt} \quad (2)$$

onde E_{rpt} é a taxa de emprego (ou desemprego) na região *r* no país *p* no ano *t*, $participação_Emprego_automotivo_{pt}$ é a participação das exportações de EV no total de exportações de automóveis[23] pelo país *p* no ano *t*, e $Participação_emprego_automotivo_{r,p,\,2015}$ é a participação dos trabalhadores na indústria automotiva no emprego total na região *r*, no país *c*, em 2015. α_{rc} são efeitos fixos regionais que absorvem todas as diferenças invariantes no tempo entre as regiões, enquanto α_{ct} são efeitos fixos país-ano que controlam todos os fatores que variam no nível país-ano (como crescimento econômico e demanda de mão de obra, inflação, mudanças de produtividade). O conjunto de controles inclui determinantes padrão das taxas de emprego, como a população da região, a proporção homens-mulheres, o nível de educação (representado pela parcela de 25-64 anos com educação secundária e/ou terciária) e a estrutura industrial (capturada pelas parcelas de emprego em cada um dos quatro setores amplos: agricultura, manufatura, serviços e mineração). As regressões são ponderadas pela população regional, dada a vasta heterogeneidade no tamanho das regiões em toda a Europa, enquanto os desvios padrão são agrupados no nível regional.

A análise utiliza dados do período de 2015 a 2020, que corresponde ao início da expansão significativa das exportações de veículos elétricos (EVs) na Europa (ver Seção II). Para garantir a robustez dos resultados, consideramos cenários tanto com a inclusão quanto com a exclusão do ano de 2020, devido ao impacto excepcional da pandemia de COVID-19, que gerou grandes oscilações na oferta e demanda do setor automotivo. Optamos por focar a análise em trabalhadores do sexo masculino por dois motivos principais. Primeiro, a participação feminina na indústria automotiva é relativamente baixa, representando apenas entre 20% e 25% dos trabalhadores, com variações entre países (OIT, 2020). Segundo, há diferenças importantes nos fatores que influenciam o emprego de homens e mulheres, bem como nas taxas de participação na força de trabalho, o que dificulta o controle dessas variáveis em análises regionais. Por exemplo, o emprego

23. Assim como na análise setorial, as exportações de automóveis são usadas como um *proxy* para a produção de automóveis, uma vez que dados consistentes e comparáveis sobre a produção de veículos por país e tipo (ou seja, ICE *v.* EV) não estão disponíveis.

feminino é especialmente sensível à disponibilidade de serviços de cuidado infantil, que variam significativamente entre regiões e ao longo do tempo (Jaumotte, 2003; Cipollone *et al.,* 2013; Thévenon, 2013; Grigoli, Kóczán e Topalova, 2018).

A Tabela 2 apresenta os resultados da nossa análise principal, destacando o coeficiente estimado (β) na equação (2) referente à interação entre a participação das exportações de veículos elétricos (EVs) nas exportações totais de carros e a proporção de empregos no setor automotivo em nível regional, considerando o ano-base de 2015. As colunas estão organizadas da seguinte forma:

- Colunas 1 a 4: Utilizam a taxa de emprego como variável de interesse.
- Colunas 5 a 8: Utilizam a taxa de desemprego.

Observamos que, em todas as especificações, a transição para veículos elétricos está associada a um desempenho menos favorável do mercado de trabalho nas regiões com maior concentração de produção automotiva. Isso significa que essas regiões apresentam aumentos menores na taxa de emprego e, de forma inversa, reduções menos expressivas na taxa de desemprego.

Para garantir a robustez dos resultados, diferentes períodos e abordagens foram utilizados:

- Colunas 1 e 5: Consideram o período completo de 2015 a 2020.
- Colunas 2 e 6: Excluem o ano de 2020, minimizando possíveis distorções causadas pela pandemia de covid-19.
- Colunas 3 e 7: Focam na comparação entre os anos de 2015 (antes do crescimento acelerado dos EVs) e 2019 (após esse crescimento).
- Colunas 4 e 8: Apresentam nossa especificação preferencial, baseada na amostra de 2015-2019 e incluindo controles regionais, como população, nível de educação e estrutura industrial, para isolar o efeito da transição para EVs.

Tabela 2 – Resultados da exposição do mercado de trabalho à transição para EV: Evidências regionais

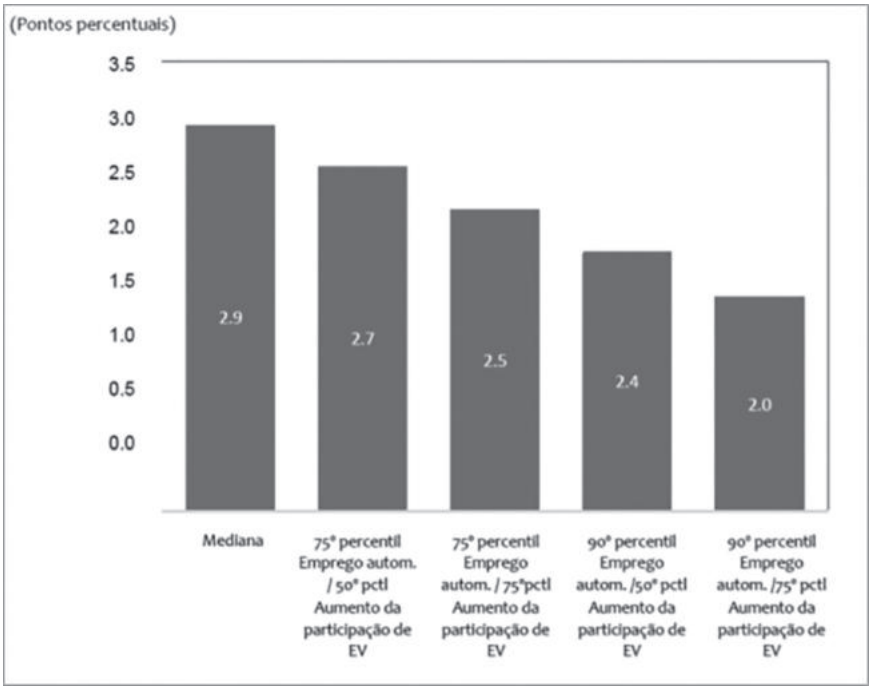
	Taxa de emprego masculino				Taxa de desemprego masculino			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Exposição a EV	-0.023***	-0.046***	-0.056**	-0.057***	0.028***	0.045***	0.056**	0.055***
	(0.008)	(0.016)	(0.022)	(0.016)	(0.009)	(0.016)	(0.022)	(0.016)
Intervalo de tempo	2015-2020	2015-2019	2015, 2019	2015-2019, controles	2015-2020	2015-2019	2015, 2019	2015-2019, controles
N	1,435	1,230	492	769	1,391	1,207	478	767

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Todas as regressões incluem efeitos fixos de país-região e país-ano. As regressões são ponderadas pela população regional. Os desvios padrão são agrupados em nível regional. A exposição a veículos elétricos é a interação entre a participação das exportações de veículos elétricos no total de exportações de automóveis de um país e a participação dos trabalhadores da indústria automotiva no emprego total na região em 2015. As colunas (4) e (8) mostram os controles por população da região, nível de educação (representado pela parcela de pessoas de 25 a 64 anos com ensino médio e/ou superior), proporção entre homens e mulheres e estrutura industrial. *p<0,10, ** p<0,05, *** p<0,01.

A magnitude econômica da relação é significativa, como ilustrado na Figura 9. As estimativas indicam que, em regiões no quartil superior de emprego automotivo (ou seja, onde 2% dos trabalhadores estavam empregados no setor em 2015), localizadas em países com aumento mediano na participação de veículos elétricos nas exportações de carros (um acréscimo de dois pontos percentuais), o crescimento da taxa de emprego foi 0,2 ponto percentual menor do que o observado na média regional durante o mesmo período — 2,7% ao ano, comparado a 2,9% ao ano. Além disso, regiões no 90º percentil de emprego automotivo (com 4% dos trabalhadores no setor) apresentaram um ganho ainda menor, de 0,5 ponto percentual na taxa de emprego. Para contextualizar, entre 2015 e 2019, a taxa de emprego aumentou 2,9 pontos percentuais na região mediana europeia.

Figura 9 – Mudança na taxa de emprego, 2015-19



Fonte: Estimativas da equipe técnica do FMI com base nas regressões calculadas na Tabela 2, coluna 4.

Para estimar o impacto agregado da transição para veículos elétricos (EV) sobre o emprego, é possível calcular quantos trabalhadores foram afetados nesse processo. Considerando que, em média, 1,5% dos trabalhadores de cada região atuam no setor automotivo e utilizando a elasticidade estimada ($\beta = -0{,}057$, conforme Tabela 2, coluna 4), o modelo na equação (2) indica que o aumento da produção de EVs entre 2015 e 2019 (de 0 para 7% das exportações de veículos) resultou em uma redução de 0,3 ponto percentual na taxa de emprego do setor. Em termos absolutos, isso representa cerca de 600 mil empregos a menos, de um universo de 189,7 milhões de trabalhadores na União Europeia (ver Tabela 3, coluna 1).

Tabela 3 – Cenários dos números de trabalhadores da UE afetados pela transição para EV

	Participação de EV nas exportações passa de:	
Efeito sobre:	0 a 7 por cento	7 a 50 por cento
Taxa de emprego (%)	-0,3	-2,0
N. deduzido de trabalhadores afetados (milhões)	0,6	3,8
95% superiores I.C. (milhões)	1,0	5,9
95% inferiores I.C. (milhões)	0,3	1,7

Fonte: Elaboração própria.

Nota: A mudança na participação de EV nas exportações de 0 para 7 por cento provém da amostra, enquanto a mudança de 7 para 50 é uma extrapolação extra-amostral. O número deduzido de trabalhadores afetados tem por base os 189,7 milhões de trabalhadores empregados na UE em 2021. I.C. denota o intervalo de confiança.

É possível extrapolar as estimativas do modelo (2) para avaliar os possíveis efeitos futuros da transição para veículos elétricos na União Europeia. Caso os veículos elétricos passem a representar 50% das exportações do setor automotivo, as evidências de 2015 a 2019 (com coeficiente estimado $\beta = -0{,}057$) e a participação média de 1,5% do emprego regional na indústria automotiva indicam que as taxas de emprego poderiam ser aproximadamente dois pontos percentuais menores. Isso corresponderia a cerca de 3,8 milhões de empregos a menos na UE, conforme apresentado na Tabela 3, coluna 1. Segundo projeções da Associação Europeia de Fabricantes de Automóveis[24], esse cenário pode se concretizar por volta de 2027/2028. No entanto, é importante ressaltar que essas projeções envolvem elevado grau de incerteza, pois a extrapolação para 50% de participação baseia-se em dados históricos de crescimento de até apenas 7%. Por exemplo, o intervalo de confiança de 95% para essa estimativa varia de 1,7 a 5,9 milhões de empregos, evidenciando a necessidade de cautela na interpretação dos resultados.

O impacto da eletrificação do setor automotivo não é homogêneo entre os trabalhadores, sendo fortemente influenciado pelo nível de escolaridade. Observa-se que a relação entre a variação nas taxas de emprego e a exposição às exportações de veículos elétricos (EVs) é significativamente mais intensa para trabalhadores com ensino médio completo (educação secun-

24. Segundo o relatório intitulado "Tendências mundiais de eletrificação", publicado pela Associação Europeia de Fabricantes de Automóveis em 25 de novembro de 2022. Disponível em https://www.acea.auto/news/electrification - trends - worldwide/ .

dária), conforme mostra a Tabela 4. Especificamente, a estimativa pontual dessa exposição é quase cinco vezes maior para esse grupo em comparação aos trabalhadores com ensino superior, e três vezes maior em relação àqueles com apenas o ensino fundamental ou menos. Esse resultado corrobora a hipótese de que os avanços tecnológicos tendem a reduzir as oportunidades para ocupações de qualificação intermediária, fenômeno conhecido como "esvaziamento da faixa intermediária" da distribuição de renda e habilidades. Uma possível explicação é que a transição para a produção de EVs exige maior investimento em capital, o que incentiva a automação dos processos produtivos. Estudos anteriores já indicam que empregos de qualificação média são particularmente vulneráveis à automação (Autor e Dorn, 2013).

Tabela 4 – Taxa de desemprego e exposição à transição para EV: o fator escolaridade dos trabalhadores

		Por nível de escolaridade		
	Todos	Educação primária ou inferior	Educação secundária	Educação terciária
	(1)	(2)	(3)	(4)
Exposição a EV	0.055***	0.032	0.066***	0.014
	(0.016)	(0.046)	(0.018)	(0.015)
N	767	674	755	576

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Todas as regressões incluem efeitos fixos de país-região e país-ano. As regressões são ponderadas pela população regional. Os desvios padrão são agrupados em nível regional. A exposição a veículos elétricos é a interação entre a participação das exportações de veículos elétricos no total de exportações de automóveis de um país e a participação dos trabalhadores da indústria automotiva no emprego total na região em 2015. Todas as colunas contêm controle por população da região, nível de educação (representado pela parcela de pessoas 25-64 anos com educação secundária ou terciária, razão entre homens e mulheres e estrutura industrial.

* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01.

Em segundo lugar, os resultados mostram diferenças marcantes nos coeficientes estimados entre faixas etárias de trabalhadores (ver Tabela 5). Trabalhadores mais jovens (25-34 anos) são especialmente vulneráveis à transição para a produção de veículos elétricos: o impacto estimado para essa faixa etária é três vezes maior do que para o trabalhador médio, indicando maior risco de desemprego ou dificuldade de realocação. Essa vulnerabilidade pode ser atribuída à menor estabilidade no emprego, menor experiência e capital humano específico do setor, além da menor probabilidade de ocuparem cargos sindicalizados ou contratos permanentes.

Tabela 5 – Taxa de desemprego e exposição à transição para EV: o fator idade dos trabalhadores

		Por idade				
	Todos	15-24 anos	25-34 anos	35-44 anos	45-54 anos	55-64 anos
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Exposição a EV	0.055***	0.013	0.146***	0.041	0.052	0.086
	(0.016)	(0.061)	(0.032)	(0.040)	(0.040)	(0.068)
N	767	695	633	534	542	485

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Todas as regressões incluem efeitos fixos de país-região e país-ano. As regressões são ponderadas pela população regional. Os desvios padrão são agrupados em nível regional. A exposição a veículos elétricos é a interação entre a participação das exportações de veículos elétricos no total de exportações de automóveis de um país e a participação dos trabalhadores da indústria automotiva no emprego total na região em 2015. Todas as colunas contêm controle por população da região, nível de educação (representado pela parcela de pessoas 25-64 anos com educação secundária ou terciária, razão entre homens e mulheres e estrutura industrial.

* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01.

Perspectivas de realocação dos setores afetados negativamente

Conforme discutido na seção anterior, a transição dos veículos com motor a combustão interna para veículos elétricos tende a reduzir postos de trabalho nos setores especializados em ICE. Diante desse cenário, surge uma questão central: os trabalhadores afetados conseguirão se realocar rapidamente em outros setores ou ocupações, permanecendo ativos no mercado de trabalho? Para analisar as perspectivas de realocação desses profissionais, é fundamental considerar dois aspectos: (i) a facilidade de migração para outros setores e (ii) a capacidade dos setores de destino em absorver esses trabalhadores no contexto da transição verde.

Uma maneira de medir a probabilidade de trabalhadores trocarem de emprego é a "similaridade entre habilidades", conforme proposto por Neffke *et al.* (2017). Com base no banco de dados *German Employee History,* esses autores calculam a similaridade entre habilidades com base na transição histórica de trabalhadores entre setores. A similaridade entre habilidades de um setor *i* para o *j* é medida como a razão entre o número de trabalhadores que se movem de *i* para *j* e o número esperado de trabalhadores que se moveriam de *i* para *j*, sendo este último calculado como o total das saídas de trabalhadores de *i* multiplicado pela razão entre o total de entradas de trabalhadores em *j* e o número total de trabalhadores que trocam de setor. Supõe-se, com isso, que, se a correspondência de habilidades entre o setor *i* e todos os outros setores fosse a mesma, então o número esperado de trabalhadores em transição do setor *i* para *j* seria proporcional ao volume de entradas em *j* como fração do total dos que trocam de emprego.[25] Nesse caso, a relação de habilidades de *i* para *j* seria igual a um. Se o setor *i* não for suficientemente equivalente a *j* — ou seja, se nenhum trabalhador se deslocar de *i* para *j* —, então a afinidade entre habilidades será zero. Por outro lado, se o setor *i* for um equivalente perfeito para *j* — ou seja, se todas as saídas de *i* se deslocarem para *j* —, então a afinidade entre habilidades poderia ser muito grande. O índice final de afinidade entre habilidades é redimensionado de [0, +∞) para [-1, 1], com valores maiores indicando uma maior afinidade.

Conforme o FMI (2022a), a proporção de empregos verdes (*green jobs*) em um setor é utilizada como indicador do seu potencial de crescimento durante a transição para uma economia mais sustentável. Essa proporção é determinada a partir da distribuição das ocupações em cada setor, com

25. Neffke e Henning (2013) trazem evidências de *surveys* de que seu índice mede principalmente habilidades, mais do que outros fatores, como preferências ou informações, que podem afetar os fluxos de trabalho entre setores.

base na classificação de empregos verdes elaborada pelo O*NET Center (2021), uma base de dados norte-americana de ocupações.[26] O O*NET categoriza as tarefas de cada ocupação como "verdes" ou não, considerando como verdes aquelas diretamente relacionadas à sustentabilidade ambiental e à redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Por exemplo, a ocupação de telhador (*roofer*) inclui atividades como a instalação de isolamento térmico em coberturas, consideradas ecológicas por contribuírem para a eficiência energética. Setores com alta intensidade de empregos verdes, como coleta e tratamento de resíduos ou reciclagem de materiais, concentram uma grande parcela de ocupações voltadas à sustentabilidade. Em contraste, setores como a fabricação de calçados e vestuário apresentam baixa intensidade de empregos verdes.

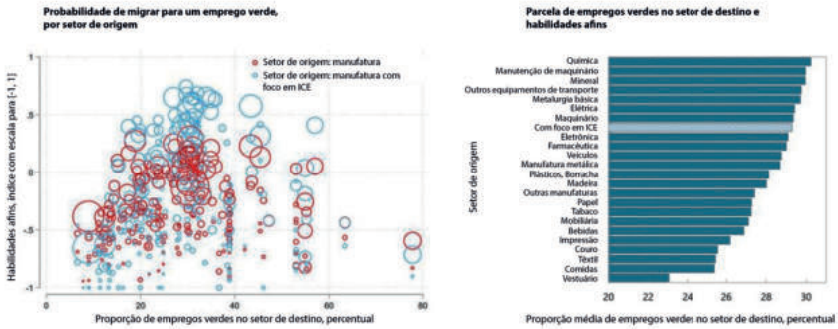
Trabalhadores de setores relacionados a motores a combustão interna (ICE) apresentam boas chances de migrar para *green jobs*, quando comparados a profissionais de outros segmentos industriais. Segundo a análise da Figura 10, as habilidades desses trabalhadores têm maior afinidade com as exigidas em setores sustentáveis, superando inclusive a média da indústria. Em especial, há maior facilidade de transição para setores com média intensidade de *green jobs* (participação entre 20% e 50%), como demonstram os dados visuais (círculos azuis acima dos vermelhos no painel 1 da figura). Os setores com maior convergência de habilidades incluem: fabricação de gases industriais; produção de motores elétricos; e equipamentos elétricos para veículos. Esses segmentos são também relativamente intensivos em *green jobs*. Isso se deve, principalmente, ao alto grau de habilidades técnicas e de engenharia dos trabalhadores de ICE, o que facilita sua adaptação em comparação com profissionais de setores menos qualificados, como o alimentício ou têxtil (painel 2 da Figura 10).

Apesar dos avanços da transição verde, a realocação de trabalhadores provenientes de setores ligados a motores de combustão interna (ICE) ainda enfrenta obstáculos significativos. A transição verde afetará vários setores econômicos, aumentando a concorrência por esses empregos. Por exemplo, a provável redução de setores de energia não renováveis, como mineração de carvão, petróleo e similares, forçaria mais trabalhadores a buscar oportunidades alternativas de emprego. Ao mesmo tempo, novos avanços tec-

26. A distribuição setorial de ocupação em nível detalhado de ocupação está disponível apenas para os EUA; portanto, a participação setorial de empregos verdes calculada aqui é baseada em dados dos EUA, obtidos do Bureau of Labor Statistics (BLS).

nológicos — como a robotização, a digitalização e a automação — podem reduzir a demanda por trabalhadores, inclusive em *green jobs*.

Figura 10 – Possibilidade de migrar para um emprego verde: Alemanha



Fonte: BLS, Eurostat, Neffke *et al*. (2017), O*NET, cálculos do FMI.

Nota: A proporção de empregos verdes nos setores de destino é baseada na matriz indústria-ocupação do BLS, em que os empregos verdes são identificados pelas ocupações ecológicas classificadas no O*NET. A probabilidade de mudança para um emprego verde é a média da proporção de empregos verdes nos setores de destino, ponderada pela afinidade entre as habilidades. A relação entre as habilidades de um trabalhador que se desloca do setor *i* para o setor *j* é medida pela razão entre o número real de trabalhadores que se deslocam de *i* para *j* e o número esperado de trabalhadores que se deslocariam de *i* para *j*, calculado como a saída total de trabalhadores de *i* vezes a entrada total para *j* como fração do número total de trabalhadores que mudam de setor. A afinidade entre as habilidades é calculada utilizando a base de dados German Employee History, de Neffke *et al.* (2017). No gráfico à esquerda, cada círculo representa um setor de destino no nível NACE de quatro dígitos, e o tamanho do círculo indica o número de trabalhadores.

Considerações finais

A transição para veículos elétricos está provocando uma transformação estrutural na indústria automotiva europeia, setor do qual cerca de 7% da força de trabalho depende diretamente ou indiretamente para sua subsistência. Diante desse cenário, diversos estudos têm buscado estimar o impacto dessa mudança sobre o emprego, utilizando principalmente duas abordagens metodológicas: projeções da demanda agregada de trabalho, que avaliam os efeitos macroeconômicos da transição (a chamada abordagem *top-down*); e análises detalhadas dos processos produtivos, comparando as diferenças entre veículos elétricos e veículos com motores a combus-

tão interna (a abordagem *bottom-up*). Este capítulo contribui para o debate ao apresentar evidências empíricas recentes sobre o mercado de trabalho europeu, examinando os efeitos da eletrificação em diferentes setores econômicos e regiões subnacionais. Além disso, discute o papel das políticas públicas que têm facilitado — ou condicionado — essa transição.

A análise revela que, entre 2015 e 2020, o aumento da produção de veículos elétricos esteve diretamente relacionado à desaceleração do crescimento do emprego nos setores da cadeia de suprimento ligados à manufatura de motores a combustão interna. Esse efeito foi especialmente pronunciado em regiões com forte especialização na indústria automotiva, que apresentaram desempenho inferior ao de outras áreas. Esses achados confirmam que trabalhadores já estão sendo afetados pela transição para veículos elétricos.

Os impactos estimados são economicamente significativos. Por exemplo, cada aumento de um ponto percentual na participação de veículos elétricos (EVs) nas exportações totais de automóveis está associado a uma redução relativa de 1% no emprego dos setores ligados a motores de combustão interna (ICE). Em países com expansão mediana dos EVs, a taxa anual de emprego nesses setores cresce, em média, 0,3 ponto percentual a menos do que em outros segmentos da indústria. Para efeito de comparação, a taxa mediana de crescimento de emprego nos setores relacionados a ICE foi de 2,8% em 2015.

Considerando um país com expansão mediana na participação de veículos elétricos (EVs) nas exportações totais de carros, observa-se que, entre 2015 e 2019, a taxa de emprego aumentou 2,9 pontos percentuais na economia como um todo. No entanto, em regiões com forte presença da indústria automotiva — ou seja, aquelas em que pelo menos 2% da força de trabalho está empregada na produção de veículos — esse crescimento foi de apenas 2,7 pontos percentuais.

Nossas estimativas indicam que, até 2035, caso não sejam implementadas políticas públicas eficazes ou ocorram avanços tecnológicos significativos, a eletrificação total da produção de veículos na Europa poderá exigir uma profunda reestruturação da força de trabalho no setor automotivo. Isso significa que muitos trabalhadores terão de se realocar para outras ocupações, adaptar suas funções atuais ou, em alguns casos, deixar o mercado de trabalho — seja por aposentadoria, emigração ou desemprego. Um fator que pode amenizar esse processo é o envelhecimento da população europeia, pois a aposentadoria natural de trabalhadores mais velhos tende a absorver parte da transição ocupacional, conforme argumentam Falck *et al.* (2021).

Felizmente, nossas análises indicam que as habilidades dos trabalhadores da cadeia de fornecimento de veículos com motores a combustão interna são amplamente compatíveis com as exigidas pela transição verde. Em média, esses profissionais estão tão aptos a se realocar para ocupações sustentáveis quanto o trabalhador médio da indústria.

Evidências mostram que investimentos em capacitação profissional desempenham papel fundamental na facilitação da transição dos trabalhadores diante das transformações tecnológicas e organizacionais do setor automotivo, contribuindo para a redução dos custos de ajuste. Adicionalmente, políticas ativas de mercado de trabalho — como programas de assistência à recolocação, orientação profissional e apoio à mobilidade — também se revelam eficazes ao promover a reinserção dos trabalhadores em novos setores.

Essas políticas laborais integram uma agenda mais ampla de reforma do mercado de trabalho europeu, voltada para fortalecer a proteção dos trabalhadores e promover sua adaptação diante das transformações tecnológicas e ambientais. Entre as principais medidas, destacam-se a modernização da legislação de proteção ao emprego, o aprimoramento dos sistemas de seguro-desemprego, ajustes na tributação sobre o trabalho, revisão dos salários-mínimos e a atualização dos mecanismos de negociação coletiva (Ando *et al.*, 2022; Aiyar *et al.*, 2019).

É importante considerar algumas ressalvas às estimativas apresentadas neste estudo. Primeiramente, a transição para veículos elétricos exige investimentos substanciais em infraestrutura de carregamento. Esse fator pode gerar impactos relevantes sobre o emprego, tanto pela criação de novos postos de trabalho quanto pela necessidade de requalificação de profissionais, aspectos que não foram abordados nesta análise. Em segundo lugar, projeta-se um crescimento significativo na produção europeia de baterias para veículos elétricos nos próximos anos. Esse avanço tende a criar empregos e aumentar a participação da Europa na cadeia global de valor, o que pode alterar o cenário atual do setor. Por fim, há desafios importantes para futuras pesquisas. Destaca-se a dificuldade de isolar os efeitos específicos da transição para veículos elétricos em meio a outras transformações paralelas no setor automotivo, como a substituição de caixas de câmbio manuais por automáticas, a redução do uso de motores a diesel e o avanço da automação na fabricação e condução dos veículos — que provavelmente ocorreriam, independentemente da transição para veículos elétricos.

Referências

ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual (2017). *Robots and jobs:* Evidence from US labor markets. National Bureau of Economic Research Working Paper, n. 23285. Disponível em: https://www.nber.org/system/files/working_papers/w23285/w23285.pdf. Acesso em: 03 dez. 2025.

AIYAR, Shekhar *et al.* (2019). *Strengthening the Euro area:* The role of national structural policies in building resilience. IMF Staff Discussion Notes SDN/19 /05. Disponível em: https://doi.org/10.5089/9781498319706.006. Acesso em 03 dez. 2025.

ANDO, Sakai *et al*. (2022). *European labor markets and the covid-19 pandemic:* Fallout and the path ahead. Departmental Papers DP/2022/004. Disponível em: https://doi.org/10.5089/9798400200960.087. Acesso em: 04 dez. 2025.

ANGHEL, Brindusa; AUCIELLO, Ivan; LACUESTA, Aitor (2022). Heterogeneity of the impact of the Spanish programme of incentives for the purchase of electric vehicles. Banco de Espana Article, n. 28. Disponível em: https://ssrn.com/abstract=4253706. Acesso em: 04 dez. 2025.

ARULAMPALAM, Wiji; BOOTH, Alison L.; TAYLOR, Mark P. (2000). Unemployment Persistence. *Oxford Economic Papers*, v. 52, n. 1, p. 24-50.

ARULAMPALAM, Wiji; GREGG, Paul; GREGORY, Mary (2001). Unemployment Scarring. *The Economic Journal*, v. 111, n. 475, p. 577-584.

AUTOR, David H. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of automation. *Journal of Economic Perspectives*, v. 29, n. 3, p. 3-30.

AUTOR, David H.; DORN, David (2013). The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market. *American Economic Review*, v. 103, n. 5, p. 1553-97.

AUTOR, David H.; SALOMONS, Anna (2017). Does productivity growth threaten employment? *European Central Bank Annual Conference*, Sintra, Portugal, 19 jun. Sintra, Portugal.

AUTOR, David H.; SALOMONS, Anna (2018). Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share. *Brookings Papers on Economic Activity*. BPEA Conference Drafts, 8–9 mar., 2018. Disponível em: https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2018/03/1_autorsalomons.pdf. Acesso em: 04 dez. 2025.

AZARAFSHAR, Roshanak; VERMEULEN, Wessel N. (2020). Electric vehicle incentive policies in Canadian provinces. *Energy Economics*, v. 91, 104902.

BARRETT, Jim; BIVENS, Josh (2021). The stakes for workers in how policymakers manage the coming shift to all-electric vehicles. *Economic Policy Institute* (blog), 22 set. 2021.

BAUER, Wilhelm; RIEDEL, Oliver.; HERRMAN, Florian (Orgs.) (2020). *Employment 2030 – Effects of Electromobility and Digitalization on the Quality and Quantity of Employment at Volkswagen*. Nov. 2020. Fraunhofer Institute for Industrial Engineering IAO. Stuttgart.

BAUER, Wilhelm *et al.* (2018). *ELAB 2.0. Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland*. Fraunhofer Institute. Disponível em: https://doi.org/10.24406/publica-fhg-299428. Acesso em: 04 dez. 2025.

BERNARDT, Florian *et al.* (2022). "*MoveOn" IV: Effects of a changed mobility behavior on employment from a regional perspective*. Research Report. Institute for Employment Research (IAB).

BLUEDORN, John *et al.* (2022). *Transitioning to a greener labor market:* cross-country evidence from microdata. IMF Working Paper 22/146.

BORANOVA, Vizhdan *et al.* (2022). *Cars in Europe: Supply chains and spillovers during Covid-19 times*. IMF Working Paper 22/06.

CHAMBLISS, Sarah E. *et al.* (2014). Estimating source-attributable health impacts of ambient fine particulate matter exposure: Global premature mortality from surface transportation emissions in 2005. *Environmental Research Letters*, v. 9, n. 10, 104009.

CHUDIK, Alexander; PESARAN, Hashem; YANG, Jui-Chung. (2018). Half-panel jackknife fixed – effects estimation of linear panels with weakly exogenous regressors. *Journal of Applied Econometrics*, v. 33, n. 6, p. 816-836.

CIPOLLONE, Angela; PATACCHINI, Eleonora; VALLANTI, Giovanna (2013). *Women labor market performance in Europe: Novel evidence on trends and shaping factors*. IZA Discussion Papers 7710, IZA Institute of Labor Economics, Bonn, Germany. Disponível em: https://www.econstor.eu/handle/10419/90022. Acesso em: 04 dez. 2025.

CLINTON, Bentley C.; STEINBERG, Daniel C. (2019). Providing the spark: impact of financial incentives on battery electric vehicle adoption. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 98, 102255.

CLEPA (European Association of Automotive Suppliers) (2021*). Electric vehicle transition impact assessment 2020-2040:* A quantitative forecast of employment trends at automotive suppliers in Europe. Technical Analysis carried out by PricewaterhouseCoopers.

DELANOTE, Julie *et al*. (2022). *Recharging the batteries:* How the electric vehicle revolution is affecting Central, Eastern and South-Eastern Europe. European Investment Bank, March 2022.

EDIN, Per-Anders *et al.* (2019). *Individual consequences of occupational decline*. IZA Institute of Labor Economics DP no. 12434.

ELIASON, Marcus; STORRIE, Donald (2009). Does job loss shorten life? *Journal of Human Resources*, v. 44, n. 2, p. 277-302.

EUROPEAN CLIMATE FOUNDATION (2017). *Low carbon cars in Germany: A socio-economic assessment*. Technical Report. European Climate Foundation; Cambridge Econometrics, Element Energy and M-Five.

FALCK, Oliver; CZERNICH, Nina; KOENEN, Johannes (2021). *Auswirkungen der vermehrten Produktion elektrisch betriebener Pkw auf die Beschäftigung in Deutschland*. [Efeitos do aumento da produção de automóveis de passageiros movidos a eletricidade para o emprego na Alemanha. Estudo encomendado pela Associação da Indústria Automotiva da Alemanha]. ifo Institut. Universidade de Munique. Disponível em: https://www.ifo.de/DocDL/ifoStudie-2021_Elektromobilitaet-Beschaeftigung.pdf. Acesso em: 03 dez. 2025.

FEENSTRA, Robert (1984). Voluntary export restraint in U.S. autos, 1980-81: Quality, employment and welfare effects. *In*: BALDWIN, Robert E.; KRUEGER, Anne (Orgs.). *The structure and evolution of recent U.S. trade policy*. Chicago: University of Chicago Press.

FEENSTRA, Robert (1988). Quality change under trade restraints in Japanese autos. *Quarterly Journal of Economics*, v. 103, p. 131-146.

GALGÓCZI, Béla (2019). Introductory overview. Two faces of (a) just transition: the coal story and the car story. *In*: GALGÓCZI, Béla (Org.) *Towards a just transition:* coals, cars and the world of work. ETUI.

GERDTHAM, Ulf-G.; JOHANNESSON, Magnus (2003). A note on the effect of unemployment on mortality. *Journal of Health Economics*, v. 22, n. 3, p. 505-518.

GOLDBERG, Pinelopi (1995). Product differentiation and oligopoly in international markets: the case of the U.S. automobile industry. *Econometrica*, v. 63, p. 891-951.

GOLDBERG, Pinelopi; VERBOVEN, Frank (2001). The evolution of price dispersion in the European car market. *The Review of Economic Studies*, v. 68, n. 4, p. 811-848.

GRAETZ, Georg; MICHAELS, Guy (2015). *Robots at work*. CEPR Discussion Paper n. DP10477. CEPR Press, Paris & London.

GREGORY, Terry; SALOMONS, Anne; ZIERAHN, Ulrich (2016). *Racing with or against the machine? Evidence from Europe*. ZEW – Centre for European Economic Research Discussion Paper n.. 16-053.

GRIGOLI, Francesco; KÓCZÁN, Zsoka; TOPALOVA, Petia (2018). *Drivers of labor force participation in advanced economies:* Macro and micro evidence. IMF Working Paper n.. 2018/150.

GRIGOLI, Francesco; KÓCZÁN, Zsoka; TOPALOVA, Petia (2020). Automation and labor force participation in advanced economies: Macro and micro evidence. *European Economic Review*, v. 126, 103443.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) (2022). *The role of critical minerals in clean energy transitions*. World Energy Outlook Special Report.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). (2020). *The future of work in the automotive industry:* The need to invest in people's capabilities and decent and sustainable work. Issues paper for the Technical Meeting on the Future of Work in the Automotive Industry (Geneva, 15-19 February 2021). ILO.

INTERNATIONAL MONETARY FUND (IMF) (2022a). A greener labor market: Employment, policies, and economic transformation. *In*: IMF. *World Economic Outlook*, *April 2022: War* Sets Back the Global Recovery (Cap. 3).

INTERNATIONAL MONETARY FUND (IMF) (2022b). Near-term macroeconomic impact of decarbonization policies. *In*: IMF. *World Economic Outlook, October 2022:* Countering the cost-of-living crisis.

JAUMOTTE, Florence (2003). *Female labour force participation:* Past trends and main determinants in OECD countries. OECD Economics Department Working Paper 376. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

JENN, Alan; SPRINGEL, Katalin; GOPAL, Anand R. (2018). Effectiveness of electric vehicle incentives in the United States. *Energy Policy*, v. 119, p. 349-356.

KNABE, Andreas; RÄTZEL, Steffen (2011). Scarring or scaring? The psychological impact of past unemployment and future unemployment risk. *Economica*, v. 78, n. 310, p. 283-293.

KRUEGER, Alan (2017). Where have all the workers gone? An inquiry into the decline of the US labor force participation rate. *Brookings Papers on Economic Activity*, Fall 2017.

KÜPPER, Daniel *et al.* (2020). *Shifting gears in auto manufacturing*. Boston Consulting Group, 28 set. 2020.

KUHLMANN, Kristian *et al.* (2021). *Is e-mobility a green boost for European automotive jobs?* Boston Consulting Group.

LEFEUVRE, Anne-Gaëlle; GUGA, Stefan (2019). Troubled waters ahead: What's next for the European automobile industry and jobs? *In*: GALGÓCZI, Béla (Org.) *Towards a just transition:* coals, cars and the world of work. (Cap. 6). ETUI.

LUCAS, Richard *et al.* (2004). Unemployment alters the set point for life satisfaction. *Psychological Science*, v. 15, n.1, p. 8-13.

MERSKY, Avi C. *et al.* 2016). Effectiveness of incentives on electric vehicle adoption in Norway. *Transportation Research Part D:* Transport and Environment, v. 46, p. 56-68.

MÖNNIG, Anke *et al.* (2019). *Electromobility 2035:* Economic and labor market effects through the electrification of powertrains in passenger cars. Discussion Paper, Institute for Employment Research (IAB), Ago.

MÖNNIG, Anke *et al.* (2021). *MoveOn III: Folgen eines veränderten Mobilitätsverhaltens für Wirtschaft und Arbeitsmarkt*. Wissenschaftlichen Diskussionspapiere, 230. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB).

MÜNZEL, Christiane (2019). How large is the effect of financial incentives on electric vehicle sales? A global review and European analysis. *Energy Economics*, v. 84, 104493.

MUEHLEGGER, Erich; RAPSON, David (2022). Subsidizing low- and middle - income adoption of electric vehicles: Quasi-experimental evidence from California. *Journal of Public Economics*, v. 216, 104752.

NPM (National Platform for the Future of Mobility). (2020). *Zwischenbericht zur strategischen Personalplanung und –Entwicklung im Mobilitätssektor* [Interim report on strategic personnel planning and development in the mobility sector]. Working group 4 – Securing Germany as a place for mobility, production, battery cell production, primary materials and recycling, training and qualification.

NEFFKE, Frank; HENNING, Martin (2013). Skill relatedness and firm diversification. *Strategic Management Journal*, v. 34, n. 3, 297-316.

NEFFKE, Frank; OTTO, Anne; WEYH, Antje (2017). Inter-industry labor flows. *Journal of Economic Behavior & Organization*, v. 142, p. 275-292.

O*NET CENTER (2021). Green Occupations. Version 22.0. Disponível em: https://www.onetcenter.org/dictionary/22.0/excel/green _occupations. html. Acesso em: 04 dez. 2025.

PRANDIN, Federica *et al*. (2022). *Slovakia Automotive Industry 2.0: The time is now to retool for the e-mobility era*. Joint Report by GLOBSEC, Cambridge Econometrics and the Slovak Electric Vehicle Association.

SCHADE, Wolfgang *et al.* (2014). Sieben Herausforderungen für die deutsche Automobilindustrie. Strategische Antworten im Spannungsfeld von Globalisierung, Produkt- und Dienstleistungsinnovationen bis 2030. Karlshuren Institut fürTechnologie. Disponível em: https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000134083. Acesso em: 03 dez. 2025.

SONZOGNI, Michel; SCHULZE-MARMELING, Sebastian (2019). The French automobile industry: state of play, electromobility and employment change. *In*: GALGÓCZI, Béla. (Org.). *Towards a just transition: coals, cars and the world of work*. (Cap. 7) ETUI.

SPATH, Dieter *et al.* (2012). *Elektromobilität und beschäftigung:* Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB). Fraunhofer IAO, DLR-FK, IMU Institut.

SULLIVAN, Daniel; VON WACHTER, Till von (2009). Job displacement and mortality: An analysis using administrative data. *Quarterly Journal of Economics*, v. 124, n. 3, p. 1265-1306.

TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2012). *Konzepte der Elektromobilität und deren Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt.* Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). Berlin. Disponível em: doi:10.5445/IR/1000131643. Acesso em: 03 dez. 2025.

THÉVENON, Olivier (2013). Drivers of female labour force participation in the OECD. OECD Economics Department Working Paper 145, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

VON DEM BACH, Nicole *et al.* (2020). *Basics of a scenario for future mobility behavior*. Research Report, Institute for Employment Research (IAB). October.

WEE, Sherilyn; COFFMAN, Makena; LA CROIX, Summer (2018). Do electric vehicle incentives matter? Evidence from the 50 US states. *Research Policy*, v. 47, n. 9, p. 1601-1610.

WINKELMANN, Liliana; WINKELMANN, Rainer (1995). Happiness and unemployment: A panel data analysis for Germany. *Applied Economics Quarterly*, v. 41, n. 4, p. 29-307.

YERGIN, Daniel (2020). *The new map:* Energy, climate and the clash of nations. Penguin Press.

Anexo I. Fontes de dados e construção de variáveis

Vários bancos de dados foram utilizados para análise neste artigo.

- A variável-chave — exportações totais de carros e veículos elétricos — é da Comext. Anteriormente a janeiro de 2016, os veículos elétricos eram registrados sob o código CN 87039010 e, posteriormente, passaram a ser registrados sob o código CN 870380.
- O emprego em nível setorial e as taxas de emprego/desemprego em nível regional são obtidos no banco de dados *Eurostat European Structural Business Statistics*, da União Europeia.
- Os dados de controle regionais, como população total, população por categorias de educação, gênero e trabalhadores por estrutura industrial geral, são do banco de dados de Demografia Empresarial Regional da OCDE.
- As iniciativas de políticas laborais em nível de país são extraídas do banco de dados de políticas para o mercado de trabalho da OCDE. Utilizamos os gastos com programas de formação como parcela do PIB e o número de participantes em programas de formação como porcentagem da força de trabalho.
- A exposição a EV no nível setorial é baseada na categorização "segmento focado em ICE", "segmento não focado em ICE" e "*Original Equipment Manufacturers* (OEM)", seguindo Kuhlmann *et al.* (2021).
- A exposição a EV no nível regional é construída como a parcela das exportações de EVs no total de exportações de carros em nível do país, e a parcela de trabalhadores do setor automotivo como parcela do emprego total na região, em 2015. A parcela de trabalhadores no setor automotivo é representada pelo emprego em ocupações do código NACE 29 como fração do total de trabalhadores.

A ERA DA ELETROMOBILIDADE E OS DESAFIOS PARA A AÇÃO SINDICAL NO BRASIL

Wagner Firmino de Santana
Zeíra Mara Camargo de Santana
Jefferson José da Conceição

Introdução

No século XXI, a humanidade enfrenta um dos desafios mais prementes de sua trajetória: conter o avanço do aquecimento global e limitar o aumento da temperatura média do planeta a, no máximo, 1,5°C até o ano de 2030. Trata-se de um empreendimento, permeado por disputas geopolíticas e interesses econômicos diversos, que dificultam tanto a construção de consensos quanto a implementação efetiva de políticas coordenadas em escala global. [1]

Segundo dados da Agência Internacional de Energia (AIE), em 2021, os combustíveis fósseis — petróleo, carvão mineral e gás natural — foram responsáveis por 80,3% de toda a energia consumida mundialmente. A queima dessas fontes respondeu por 99,4% das emissões de dióxido de carbono (CO_2), sendo 45,0% oriundas do carvão, 32,0% do petróleo e 22,4% do gás natural.

Entre as principais potências industriais, a dependência da geração de eletricidade a partir de fontes fósseis ainda é expressiva: na China, 63% da matriz elétrica é baseada nesses combustíveis; nos Estados Unidos, 59,8%; e na Europa, 38,6%. Em termos globais, estima-se que 61,4% da eletricida-

1. Este texto tem como base o capítulo "Trabalhadores percorrem os caminhos da eletromobilidade", de Wagner Firmino de Santana e Zeíra Mara Camargo de Santana, publicado no livro Da Bomba ao plug: o Brasil, a descarbonização e a indústria automotiva. São Paulo: Papagaio, 2024, organizado por: CONCEIÇÃO, Jefferson J. *et al.* (2024). A presente versão foi atualizada e ampliada, incorporando informações complementares sobre o tema.

de gerada em 2021 tenha derivado da queima de carvão (35,9%), petróleo (2,5%) e gás natural (23%).

Em contraste, o Brasil apresenta uma matriz elétrica significativamente mais limpa. Segundo a AIE, em 2021 cerca de 90,6% da eletricidade gerada teve origem em fontes renováveis: 63,1% por meio de hidrelétricas, 12,1% de energia eólica, 8,1% de biocombustíveis, 4,4% de energia solar e 1,9% de energia nuclear.

Apesar desse desempenho relativamente positivo no setor elétrico, o segmento de transportes permaneceu como o principal vetor de emissões de CO_2 no país em 2021, sendo responsável por 45,6% das emissões nacionais, o que o coloca no centro das estratégias de mitigação de gases de efeito estufa.

A partir de 2018, o Parlamento Europeu intensificou os debates sobre a transição da frota veicular movida a combustíveis fósseis para alternativas eletrificadas. Essa iniciativa provocou reações imediatas por parte dos governos e da indústria automobilística.

Em junho de 2022, os países da União Europeia aprovaram a proibição da comercialização de veículos a combustão no bloco a partir de 2035 — uma decisão com forte repercussão internacional[2]. Essa reconfiguração impôs desafios significativos aos países emergentes e em desenvolvimento, que passaram a se ver na condição de importadores de tecnologias concebidas nos países centrais, com sérios riscos para a sobrevivência desse setor industrial.

As estimativas sobre o impacto da descarbonização automotiva e das novas plataformas de propulsão veicular no número de empregos variam conforme a metodologia, os cenários de transição e a região. Para a *IndustriALL Global Union*, no entanto, tem havido perdas significativas de empregos em segmentos tradicionais da indústria (especialmente na fabricação de sistemas de transmissão, motores, fundição, usinagem, entre outros)[3].

Já é consenso que haverá uma mudança de perfil do trabalho na indústria e a necessidade de requalificação da mão de obra, em novas habilidades como eletrônica, *software* e gerenciamento de baterias.

2. Para um painel do estado da arte na busca da descarbonização no segmento automotivo em âmbito internacional recente, no que se refere às legislações, decretos e políticas públicas em diversos países, ver Conceição e Trefiglio (2024).

3. Cf. *Towards a Just Transition in the automotive industry*. *IndustriALL Global Union*, março de 2024.

A proposta desse capítulo é discutir o esforço estratégico das entidades sindicais para garantir a preservação dos postos de trabalho e enfrentar os desafios da eletromobilidade, com ênfase no caso do Sindicato dos Metalúrgicos do ABC, no Brasil.

Um breve panorama histórico da eletrificação veicular

Carros elétricos e veículos com motor a combustão interna podem ser considerados irmãos gêmeos no processo de transição tecnológica que, no final do século XIX, substituiu os meios de transporte movidos à tração animal, especialmente nos grandes centros urbanos. Em 1901, o engenheiro alemão Ferdinand Porsche criou o *Semper Vivus*, veículo equipado com motor a combustão interna e motores elétricos acoplados às rodas — considerado, portanto, o primeiro automóvel híbrido da história, lançado há 123 anos. Em 1914, Henry Ford introduziu no mercado o lendário Ford T, movido a combustão, com um preço inicial de US$ 650 — significativamente mais acessível que os US$ 1.750 cobrados por um modelo elétrico na época (Venditti, 2020).

A derrocada da primeira tentativa de eletrificação em massa ocorreu com a rápida expansão da indústria do petróleo, impulsionada pela descoberta de diversas reservas nos Estados Unidos no início do século XX. Na década de 1930, já não havia automóveis elétricos disponíveis no mercado (Venditti, 2020).

Nos anos 1970, três eventos abriram uma nova janela de oportunidade para a eletrificação: a) a crise do petróleo; b) o Encontro de Roma, em abril de 1968, que deu origem ao relatório *Os Limites do Crescimento*, tratando da exploração de recursos naturais, dos riscos da energia nuclear e dos perigos do descarte de resíduos radioativos; c) a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972, com o tema *Uma Só Terra*, reunindo representantes de 113 países (Baran e Legey, 2011).

No entanto, o debate sobre veículos elétricos só foi retomado com força no final da década de 1980, quando o estado da Califórnia, nos Estados Unidos, estabeleceu que 10% da frota produzida pelas montadoras deveria ser composta por veículos elétricos até 2003, pela necessidade de melhorar a qualidade do ar e reduzir as emissões de gases provenientes da combustão. E dois anos depois, com a Eco-1992 que marcou o segundo grande encontro internacional dedicado ao tema das mudanças climáticas e aprovou a *Agenda 21*, com metas para a redução do uso de combustíveis fósseis e o incentivo ao desenvolvimento de fontes renováveis de energia.

Em 1997, a Toyota lançou o Prius, o primeiro automóvel híbrido comercialmente viável, que chegou ao mercado norte-americano em 2000. Já em 2008, as vendas de carros híbridos nos Estados Unidos alcançaram 279,8 mil unidades — o equivalente a 4% do total comercializado naquele ano (Baran e Legey, 2011).

A temática da descarbonização automotiva, das novas plataformas de propulsão veicular e do posicionamento sindical se tornou objeto de crescente interesse na literatura científica, especialmente por sua complexidade e impactos socioeconômicos. O conceito de "Transição Justa" (*Just Transition*) tem sido utilizado na maioria dos estudos dedicados à análise das mudanças tecnológicas sobre o mercado de trabalho, a qualificação profissional e o papel dos sindicatos.

Na Europa, a atuação sindical se destaca pela articulação com empresas e governos para garantir salvaguardas sociais no processo de eletrificação, como é o caso do IG Metall[4], que defende não apenas a requalificação da força de trabalho, como a manutenção da produção de componentes estratégicos dentro da Europa, visando preservar empregos de qualidade[5].

Nos Estados Unidos, a questão da transição para veículos elétricos foi colocada no centro das mobilizações sindicais, como demonstrado pela greve de 2023 do *United Auto Workers* (UAW) na GM, Ford e Stellantis. A defesa de uma Transição Justa foi condição para o apoio do sindicato à eletrificação[6].

Entre as demandas da UAW estão a sindicalização das fábricas de baterias, a equiparação de salários e benefícios entre plantas tradicionais e novas unidades, a vinculação de incentivos públicos à geração de empregos de qualidade. O UAW também criticou iniciativas empresariais que buscam

4. Em documento de 2015, intitulado *IG Metall's demands with regard to European regulation of CO_2 levels for cars for the period after 2020* [em tradução livre: As demandas do IG Metall em relação à regulamentação europeia dos níveis de CO_2 para carros no período após 2020], o IG Metall já expressava suas preocupações com a questão do emprego e o impacto da necessária regulação de CO_2.

5. A publicação *Germany – IG Metall secures employment through future agreements focusing on dialogue and training*. IndustriAII European Trade Union. [em tradução livre: Alemanha – IG Metall garante empregos por meio de acordos para o futuro, com foco em diálogo e capacitação] expõe a estratégia da entidade visando assegurar empregos por meio do diálogo e da formação, crucial para a transição para veículos elétricos.

6. Comunicados de imprensa do UAW (https://uaw.org/) e relatórios do *Congressional Research Service* (CRS) que analisam as negociações.

marginalizar a representação sindical por meio de *joint ventures* não sindicalizadas.

Na Ásia, as respostas sindicais à descarbonização variam conforme os contextos político-institucionais. Devido à estrutura sindical chinesa (controlada pelo Estado, por meio da Federação Chinesa de Sindicatos – ACFTU), o posicionamento público é de colaboração com a gestão governamental. O foco está na adaptação e na liderança tecnológica. No Japão, os sindicatos (como a UAW-J / JAMA — federações de sindicatos automotivos) tendem a ser mais cooperativos com a gestão das empresas.

Em escala global, entidades como a *IndustriALL Global Union* e a *UNI Global Union* reúnem sindicatos de diversos países e setores, buscando uma abordagem coordenada para a transição justa. Entre as principais iniciativas e posições estão: a) A defesa universal da "Transição Justa"; b) O diálogo social global; c) As cadeias de suprimentos; d) As políticas industriais; e) Pesquisas e análises: realização de estudos e relatórios sobre os impactos da eletrificação no emprego e no trabalho, fornecendo subsídios para a ação sindical.

Os trabalhadores e a política industrial na construção de diretrizes para o setor automobilístico no Brasil

A constituição e o desenvolvimento da indústria automobilística brasileira refletem, em sua essência, os projetos formulados por sucessivos governos federais para o conjunto da sociedade. Ao longo das décadas, políticas públicas — ora coordenadas, ora dispersas — expuseram o país a cenários econômicos e sociais profundamente distintos. Nesse processo, os trabalhadores desempenharam um papel central, protagonizando episódios que influenciaram de maneira decisiva a configuração atual dos mecanismos de formulação de políticas públicas no Brasil.

A implantação inicial da indústria automobilística[7] no país remonta a 1919, com a instalação da primeira fábrica da Ford[8]. No entanto, foi a partir dos

7. O setor automobilístico compreende a produção de automóveis, veículos comerciais leves, caminhões, ônibus, além das indústrias de autopeças, encarroçadoras e de recondicionamento de motores.

8. Cf. ANFAVEA. Linha do Tempo da Indústria Automotiva Brasileira. Disponível em: https://anfavea.com.br/site/historia-da-industria-automotiva/. Acesso em: 23 set. 2024.

anos 1950 que o setor ganhou estrutura, inserindo-se de maneira mais decisiva no processo de industrialização nacional.

Durante o período em que Getúlio Vargas esteve à frente do governo (1930–1954), diversas iniciativas foram adotadas com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento econômico, por meio da criação de empresas estatais estratégicas, como a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), a Companhia Vale do Rio Doce, a Fábrica Nacional de Motores (FNM), a Petrobras e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (atualmente BNDES, com o acréscimo do "e Social" ao nome)[9]. Nesse contexto, implementou-se também uma política de substituição de importações, consolidando o papel do Estado como indutor do desenvolvimento industrial.

Entre 1956 e 1961, o governo de Juscelino Kubitschek (JK) introduziu o ambicioso Plano de Metas, sob o lema "50 anos em 5"[10]. Esse plano alterou profundamente a estrutura produtiva brasileira, promovendo investimentos significativos nos setores de energia, transportes, educação, indústria de base e alimentação. A indústria automobilística foi contemplada como elemento estratégico nesse processo.

Nesse período, instalaram-se diversas montadoras: Ford (1953), Willys Overland (1952), Mercedes-Benz (1956), Volkswagen (1957), Simca-Chambord (1957), General Motors (1958)[11], Karmann-Ghia (1959), Scania (1957) e Toyota (1958). A Região do Grande ABC[12], no estado de São Paulo, concentrou a maior parte desses investimentos, consolidando-se como o berço da indústria automobilística brasileira.

Ainda que tenham se beneficiado de um regime de proteção tarifária, as montadoras estrangeiras não foram obrigadas a realizar transferência de tecnologia para empresas de menor porte, o que limitou o desenvolvimento

9. Em 1982, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE) passou a se chamar BNDES, incorporando o "S" de Social, ao ampliar suas atribuições para o financiamento de ações voltadas ao combate à fome, habitação popular, educação, saúde e agricultura familiar.

10. A meta do governo, à época, era promover em cinco anos um avanço equivalente a meio século de desenvolvimento. Com a instalação da indústria automobilística, almejava-se alcançar a produção de 50 mil veículos em cinco anos (Camargo, 2003).

11. A General Motors inaugurou, em 1930, sua primeira unidade produtiva no Brasil, localizada em São Caetano do Sul (SP). As montadoras Scania e Toyota, embora já instaladas nos anos de 1957 e 1958, respectivamente, iniciaram suas operações fabris apenas em 1962. (ANFAVEA. *Linha do Tempo*).

12. A Região do Grande ABC, no Estado de São Paulo, é composta pelos municípios de Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra.

de um ecossistema industrial nacional mais robusto (Klink, 2001, p. 138, *apud* Ramalho e Conceição, 2024, p. 25).

O período conhecido como "milagre econômico", entre 1968 e 1973, marcou um crescimento expressivo do PIB brasileiro, que avançou, em média, 11,1% ao ano (Veloso *et al.,* 2007). A produção automotiva, nesse intervalo, cresceu de 279,7 mil unidades (1968) para 750,4 mil unidades (1973) (Anfavea, 2024).

A crise do petróleo, em 1973, interrompeu essa trajetória de expansão. Em resposta, o governo federal lançou, em 1975, o Programa Nacional do Álcool (Proálcool)[13], ampliando as possibilidades da matriz energética nacional e fomentando a utilização de biocombustíveis[14].

A eleição de Fernando Collor de Mello, em 1990, representou uma inflexão na política industrial. Em 1985, a indústria contribuía com 48% do PIB (CNI, 2019). Com o novo governo, foi implementada uma política de desestatização e abertura comercial abrupta, sem coordenação com os setores produtivos (Mattos, 2015; Maciel, 2011).

Os impactos foram severos. O Valor Adicionado Industrial apresentou retrações consecutivas: -8,1% (1990), -0,2% (1991) e -3,8% (1992) (Unido, 2024). O Ministério do Trabalho e Emprego registrou o fechamento de 2,2 milhões de postos de trabalho formais, sendo 65% (1,4 milhão) na indústria de transformação. No Grande ABC, o número chegou a 107,1 mil empregos industriais extintos[15].

Paradoxalmente, enquanto se incentivava a instalação de novas fábricas, reduziam-se drasticamente as tarifas de importação. Collor chegou a declarar que os carros nacionais eram "carroças", desqualificando a produção local.

A reestruturação produtiva, em meio à instabilidade macroeconômica, intensificou o processo de eliminação de postos de trabalho no setor. Entre 1990 e 1992, montadoras e autopeças eliminaram 104,4 mil empregos

13. As primeiras experiências com o uso do álcool como combustível veicular datam do início dos anos 1970, sendo realizadas de forma artesanal em oficinas de retífica de motores, mediante autorização do governo federal. Nesse período, a proporção da mistura com gasolina variava entre 10% e 25%. Inicialmente, a corrosão de peças provocava falhas no funcionamento dos veículos, problema posteriormente sanado com base em estudos e inovações tecnológicas (ANFAVEA, 2024).

14. Os biocombustíveis são obtidos a partir da biomassa, proveniente de matérias orgânicas de origem vegetal ou animal, frequentemente derivadas de culturas agrícolas.

15. Elaboração dos autores com base em dados do Ministério do Trabalho e Emprego.

(24,4%)[16]. Só o Grande ABC perdeu 26,6 mil trabalhadores industriais entre 1989 e 1992, com o fechamento de diversas fábricas.

O Sindicato dos Metalúrgicos do ABC (à época denominado Sindicato dos Metalúrgicos de São Bernardo do Campo e Diadema, aqui referido por sua sigla SMABC), que protagonizara o "Novo Sindicalismo"[17] nas greves de 1978, deparou-se com o desafio de enfrentar a destruição de empregos e o agravamento da crise, marcada por inflação galopante. Havia, inclusive, a iminência de encerramento das atividades da Ford Motores, o que implicaria a demissão de 700 trabalhadores (Camargo, 2003).

Sem lograr um acordo com a direção mundial da montadora, o sindicato buscou a intervenção do governo federal, que culminou na criação da Câmara Setorial da Indústria Automotiva (CSA).

Em 1992, o SMABC participou[18] da reunião inaugural da CSA (SMABC, 1992; Galvão, 1998), marcando a primeira experiência de composição tripartite (governo, empresas e trabalhadores). Essa instância representou uma inflexão na tradicional dicotomia capital versus trabalho, abrindo espaço à construção conjunta de políticas industriais.

As Câmaras Setoriais, embora existentes desde os anos 1980, limitavam-se à regulação de preços. Com o protagonismo do então deputado federal Aloizio Mercadante Oliva (PT-SP), a Lei n. 8.178/1991 foi ajustada, formalizando a CSA como organismo tripartite, com participação de sindicatos.

Apesar das divergências históricas entre os segmentos sociais e da crise política, dois acordos importantes foram firmados em 1992 e 1993. O primeiro contou exclusivamente com o SMABC como representação sindical; o segundo, por sua vez, ampliou o número de entidades sindicais participantes, fruto da confiança construída no acordo anterior[19].

16. Elaboração dos autores com base em dados do Ministério do Trabalho e Emprego e da ANFAVEA.

17. O termo "Novo Sindicalismo" refere-se a um modelo sindical autônomo, combativo e de base, que rompe com a estrutura estatal implantada nos anos 1940. Para aprofundamento, ver Rodrigues (1999), entre outros.

18. Embora convidados, apenas o Sindicato dos Metalúrgicos de São Bernardo do Campo e Diadema compareceu à reunião entre os representantes de trabalhadores e montadoras.

19. Além do SMABC, assinaram o segundo acordo no âmbito da CSA as seguintes entidades: ANFAVEA, Sindipeças, Sindiforja, SINPA, Fiat Automóveis (conforme cláusula 10), Confederação Nacional dos Metalúrgicos da CUT, Força Sindical, Federação dos Metalúrgicos do Estado de São Paulo, além de sete sindicatos de metalúrgicos: São Caetano do Sul; Betim (referente à cláusula 10); Santo André, Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra; Guarulhos; Osasco; São Paulo e Taubaté.

Esses acordos abordaram temas amplos e complexos: redução de preços, desoneração tributária, financiamento, novos investimentos, compressão de lucros, aumento da produção, geração de empregos, valorização salarial com ganhos reais, acordos coletivos e negociação da reestruturação produtiva. Seus efeitos foram sentidos de forma imediata.

Esse processo representa a primeira política industrial brasileira concebida com base no diagnóstico e nas propostas dos trabalhadores, inaugurando um novo paradigma para o movimento sindical. Três elementos merecem destaque:

I - O caráter pioneiro da iniciativa, ao inserir na pauta sindical temas tradicionalmente alheios ao mundo do trabalho;

II - A redefinição das relações entre capital e trabalho;

III - O estabelecimento de canais permanentes de diálogo com o Estado.

A partir da Câmara Setorial Automotiva, o SMABC passou a desenvolver novas práticas e estratégias, intervindo ativamente na formulação de políticas territoriais, macroeconômicas e nas relações laborais.

Com a posse do presidente Fernando Henrique Cardoso (1995), a abertura do mercado foi intensificada, e a proteção à indústria nacional, reduzida. Criou-se um Regime Automotivo com redução de até 90% do imposto de importação sobre veículos e autopeças[20], além de um amplo programa de privatizações e incentivos fiscais regionais (Negri, 1999; Conceição, 2008; Cano, 2012; Moreti, 2011). O Estado assume, nesse momento, uma função reguladora, deixando de ser produtor direto e, a partir de 1995, as Câmaras Setoriais foram esvaziadas, dando lugar a uma relação bilateral entre Estado e indústria, com exclusão dos trabalhadores (Arbix, 1996).

Quando Luiz Inácio Lula da Silva assumiu a Presidência em 2003, o Brasil produzia 1,792 milhão de veículos e ocupava o 11º lugar na produção

20. Segundo Markwald (2001, *apud* Moreti, 2011), entre 1990 e 2000, o coeficiente de penetração das importações no setor metalmecânico cresceu de forma expressiva, passando de 6,6% para 24,4%. Nos subsetores, os aumentos também foram significativos: material de transporte (4,9% para 23,3%), eletroeletrônicos (9,6% para 66,1%), máquinas e equipamentos (9,5% para 25,0%) e siderurgia/metalmecânica (3,3% para 7,4%).

mundial. Os Estados Unidos lideravam, com 12,280 milhões de unidades (20,8% do total), e a China figurava em quinto, com 3,287 milhões (5,6%)[21].

Diante de um cenário adverso e com contínua retração do emprego, o SMABC elaborou o documento "Plano de 7 Metas para o Setor Automotivo" (2002), posteriormente incorporado pelo governo Lula. A proposta assentava-se em três pilares: planejamento, crescimento e democratização das relações entre governo, cadeia produtiva e sociedade.

Durante os governos Lula (2003-2010), o SMABC participou dos principais fóruns de construção de políticas públicas, incluindo os Fóruns de Competitividade, a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE, 2003–2007), a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP, 2008–2010) e o Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social.

Em 2011, a produção de veículos atingiu 3,446 milhões de unidades, um crescimento de 92,4% em relação a 2002 (ANFAVEA, 2024). Nesse período, a China assumiu a liderança mundial, com 18,419 milhões de unidades produzidas — volume cinco vezes superior ao brasileiro — alterando profundamente a geopolítica do setor (OICA, 2024).

Em 2012, o governo Dilma Rousseff lançou o programa Inovar-Auto (2013 – 2017), com o objetivo de inserir o Brasil nas cadeias globais de inovação, fortalecendo a competitividade e incentivando investimentos em tecnologia e segurança veicular.

O Inovar-Auto impulsionou os investimentos a patamares superiores aos cinco anos anteriores, promovendo dispêndios em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), modernização industrial, instalação de novas plantas, estímulo ao conteúdo local, desenvolvimento de veículos globais, eficiência energética, avanços tecnológicos e diminuição da penetração de importados (MDIC, 2019; Bicev, 2022).

Em 2018, já no governo Bolsonaro, instituiu-se o Rota 2030 – Mobilidade e Logística, programa que, embora incorporasse diretrizes do Inovar-Auto, passou a incentivar a automação fabril, sem políticas de conteúdo local. A participação dos metalúrgicos do ABC deu-se via articulação com a União Geral dos Trabalhadores (UGT), detentora da representação legal.

21. Elaboração dos autores com base em dados da ANFAVEA e da Organização Internacional de Construtores de Automóveis (OICA).

No terceiro governo Lula, em junho de 2024, foi aprovado o Programa Mobilidade Verde e Inovação (MOVER), com vigência até 2028. A proposta contou com contribuições do SMABC durante sua formulação. O programa contempla, além do estímulo à eficiência energética e à inovação tecnológica, diretrizes como incentivo à produção nacional, promoção da descarbonização, qualificação profissional e redução das emissões nos processos produtivos.

Embora o SMABC reconheça avanços no Programa MOVER, especialmente no que diz respeito à descarbonização e aos investimentos em novos produtos e PD&I, a entidade aponta ausência de medidas fundamentais voltadas aos trabalhadores, como a manutenção e expansão do emprego e a valorização da negociação coletiva. O sindicato integra o Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI).

Em abril de 2024, o setor automobilístico contava com 110,6 mil trabalhadores em montadoras e 280,4 mil nas autopeças[22]. Nos últimos dez anos, houve redução de 26,1 mil postos de trabalho nesses dois segmentos. Diante do risco de agravamento desse cenário com a transição energética, o SMABC decidiu intensificar sua atuação nas discussões sobre políticas públicas para a eletrificação veicular, reafirmando seu compromisso com o emprego e a inclusão social na reconfiguração do setor.

Sindicalismo e a transição tecnológica: a inserção do SMABC no debate sobre a descarbonização veicular

Ao longo da década de 2010, o Sindicato dos Metalúrgicos do ABC passou a dedicar atenção crescente às transformações decorrentes da eletrificação veicular, demonstrando especial preocupação com os possíveis efeitos dessa transição sobre o emprego e a organização da estrutura produtiva na região.

Em 2011, no âmbito de seu 7º Congresso, foi aprovada resolução pioneira que reconhecia a necessidade de incorporar ao debate sindical a transição dos veículos movidos a combustíveis fósseis para aqueles propulsionados por fontes de energia limpa ou verde — expressões então utilizadas para designar o que hoje se convencionou chamar de mobilidade sustentável (SMABC, 2020):

22. Elaboração dos autores.

> Parágrafo 95 – Participação nos debates e decisões que influenciem o futuro da cadeia automotiva brasileira [...]; d) Adentrar no debate energético do País, contribuindo para a viabilidade da utilização de energia alternativa em veículos, bem como influir na reorganização da cadeia produtiva dos veículos verdes.

A partir de 2012, o debate foi impactado pelo cenário político nacional. A reeleição de Dilma Rousseff foi sucedida, em 2013, por uma onda de manifestações que culminaria em uma grave crise institucional e no *impeachment* da presidenta em 2016. Esse ambiente de instabilidade paralisou diversas agendas de política industrial, entre elas a discussão sobre eletrificação veicular.

Superado esse período de intensa turbulência, a nova direção do SMABC retomou os debates, identificando um desafio fundamental: a percepção predominante de que a eletrificação dos veículos implicaria a redução de postos de trabalho, especialmente quando comparada à cadeia produtiva dos veículos a combustão. Havia, no entanto, incertezas quanto à magnitude dessa perda. Questões como matriz energética, descarbonização, uso de energias renováveis e mudanças climáticas exigiam aprofundamento e maior embasamento técnico.

Em 2020, por exemplo, um estudo pela Volkswagen ao Instituto Fraunhofer estimou que a substituição da produção de veículos a combustão por elétricos em sua planta em Zwickau, Alemanha, resultou em uma redução de 12% no número de empregados (Insideevs, 2021). Dados do Departamento Federal de Estatísticas da Alemanha (Destatis) indicavam que, das 830 mil vagas diretas do setor automotivo no país, cerca de 410 mil (ou 49%) poderiam ser eliminadas até 2030. Estimativas mais amplas apontavam para um impacto sobre 2,7 milhões de postos de trabalho em toda a indústria automotiva europeia. A dimensão dessas transformações fica evidente quando se observa que um veículo elétrico requer, em média, apenas 11 mil componentes, contra os 30 mil de um veículo tradicional, demandando também cerca de 30% menos horas de trabalho para sua montagem (Chaves, 2021).

Além da perda de postos de trabalho, a eletrificação exige maior densidade tecnológica embarcada, o que impõe a requalificação da força de trabalho e a criação de novas ocupações. No entanto, não há garantias de que essas

novas funções compensarão quantitativamente os empregos extintos nos modelos produtivos anteriores.

Preocupado com tais impactos, o SMABC aprofundou sua atuação no tema, buscando estratégias que pudessem mitigar os efeitos adversos da transição energética sobre as ocupações na Região do Grande ABC. O cenário brasileiro, à época, apresentava-se particularmente desafiador, por diversas razões: a) o Brasil nunca se consolidou como base exportadora relevante de veículos no mercado global; b) sua inserção em cadeias globais de pesquisa e desenvolvimento era limitada, sobretudo no que diz respeito a componentes estratégicos, como baterias; c) o país não se destaca como desenvolvedor de hardware e *software*, e a crise de abastecimento de semicondutores durante a pandemia da covid-19 expôs de forma aguda essa fragilidade; d) a indústria automobilística nacional permanece fortemente dependente de decisões estratégicas, tecnológicas e comerciais definidas pelas matrizes estrangeiras das montadoras.

Em 16 de março de 2018, uma delegação do SMABC visitou o Centro de Inovação em Mobilidade Elétrica Sustentável da Itaipu Binacional, em Foz do Iguaçu (PR). A instituição já contava com uma frota de mais de cem veículos para fins de pesquisa e desenvolvia projetos voltados à produção de baterias.

Inspirada por essa experiência, a direção do sindicato incorporou ao seu 9º Congresso, previsto para ocorrer no mesmo ano, propostas destinadas a orientar a atuação da categoria no debate sobre a eletrificação junto às empresas da região. Contudo, durante o processo de realização do congresso, foi decretada a prisão do ex-presidente Luiz Inácio Lula da Silva — no contexto da Operação Lava Jato — e o SMABC decidiu suspender o evento, transformando sua sede em espaço de mobilização contra o que considerava uma decisão judicial ilegítima e parte de um projeto de desmonte da democracia.

Ainda assim, o debate sobre os rumos da indústria automotiva permaneceu central nas estratégias sindicais. Questões como alocação de recursos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), investimentos produtivos, qualificação profissional, reestruturação dos processos de produção e implementação de tecnologias da Indústria 4.0 são temas recorrentes nas mesas de negociação entre trabalhadores e empregadores. Naturalmente, a transição para veículos eletrificados passou a integrar de modo estruturado essa agenda.

O SMABC procurou, junto às empresas da região, compreender quais orientações estratégicas estavam sendo adotadas por suas matrizes para os mercados brasileiro e sul-americano. Não surpreendentemente, observou-se que os países fora dos grandes blocos geoeconômicos — Nafta, União Europeia e Ásia Oriental (China, Japão e Coreia do Sul) — estavam marginalizados dos processos centrais de desenvolvimento da nova indústria.

Diante disso, o sindicato rejeitou a tradicional lógica segundo a qual o que for bom para os países centrais será, por consequência, bom para o Brasil. Percebeu-se, ao contrário, que as soluções tecnológicas adotadas pelas montadoras estavam fortemente condicionadas às políticas públicas de seus países de origem, em especial no que se refere à capacidade de geração de energia e às diretrizes de transição energética.

A diversidade de soluções tecnológicas observada no cenário internacional deu origem a diferentes modelos de eletrificação, entre os quais se destacam[23]: i) Veículo Elétrico Híbrido (HEV): utiliza um motor elétrico de baixa potência, que atua como auxiliar do motor a combustão em funções como o sistema *stop & go* e manutenção de acessórios com o motor desligado; ii) Veículo Elétrico Híbrido *Plug-in* (PHEV): combina motor a combustão e motor elétrico, com recarga externa da bateria. O motor elétrico é capaz de tracionar o veículo por curtas distâncias; iii) Veículo Elétrico a Bateria (BEV): opera exclusivamente com motor elétrico, alimentado por baterias recarregadas em fontes externas; iv) Veículo Elétrico a Célula a Combustível (FCEV): gera eletricidade internamente por meio do uso de hidrogênio ou etanol, dispensando a recarga externa da bateria.

De posse dessas informações e ciente das estratégias em curso nos fóruns internacionais e nas matrizes das montadoras, o SMABC compreendeu a necessidade de intervir de forma propositiva na formulação de políticas públicas voltadas à descarbonização da frota.

Vale destacar que, no Grande ABC, estão localizadas três montadoras de caminhões e ônibus, Scania, Mercedes-Benz e Electra (esta última fundada em 1999 com foco na produção de ônibus elétricos), e quatro fabricantes de automóveis e veículos comerciais leves. Dentre estas, três estavam situadas na base do SMABC (Volkswagen, Toyota e Ford[24]), enquanto a General

23. Elaboração dos autores com base nas informações disponibilizadas por Lira (2024) e Neocharge (2024).

24. Em 2019, ano do centenário da Ford no Brasil, a empresa encerrou as atividades de sua planta industrial em São Bernardo do Campo (SP). Em 2021, desativou também suas demais unidades em Taubaté (SP), Camaçari (BA) e Horizonte (CE).

Motors (GM) encontrava-se sob a jurisdição do Sindicato dos Metalúrgicos de São Caetano do Sul.

Quanto às estratégias adotadas por essas empresas, a GM foi a primeira a anunciar, em 2021, sua decisão de transitar diretamente para a produção de veículos 100% elétricos, descartando soluções intermediárias baseadas em híbridos. A Toyota, por sua vez, que encerrou suas atividades produtivas no ABC em novembro de 2023 e transferiu sua produção para Sorocaba (SP), investiu fortemente no desenvolvimento de veículos híbridos flex. Em 2019, lançou o sedã Corolla híbrido no Brasil, seguido pela versão SUV, o Corolla Cross, em 2021.

Já a Volkswagen, que em 2003 havia liderado o lançamento de veículos com tecnologia flex, demonstrava, nos anos imediatamente anteriores a 2020, crescente interesse em alternativas para a eletrificação da produção nacional.

Início da transição: o papel da motorização híbrida no Brasil

As estratégias adotadas pelas montadoras são, em sua maioria, resguardadas sob sigilo — tanto para proteção de seu *market share* quanto para garantir privilégios relacionados a inovações e patentes. No primeiro semestre de 2021[25], o SMABC, representado por seu presidente Wagner Firmino de Santana[26], manteve reuniões reservadas com a Volkswagen, dirigida por Pablo Di Si, e com a Toyota, liderada por Rafael Chang, buscando compreender suas posturas estratégicas. Apesar da natureza confidencial dessas discussões, foram identificados elementos comuns: a ausência de uma política governamental coerente que oriente os fabricantes; a carência de infraestrutura para recarga em caso de transição para veículos eletrificados; a falta de clareza quanto às capacidades da nova cadeia produtiva; a inexistência de um fórum federal de debate sobre o setor; o desconhecimento dos impactos no emprego decorrente de uma transição direta para a eletrificação total; as implicações para o mercado consumidor; a heterogeneidade das estratégias adotadas pelas montadoras; e a limitação do conhecimento público sobre as alternativas disponíveis.

25. Em fevereiro de 2021, foi constituído o grupo Mobilidade Sustentável de Baixo Carbono (MSBC), formado inicialmente por Volkswagen, Toyota, União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia (UNICA) e Sindipeças. Em setembro do mesmo ano, Stellantis, Renault e ANFAVEA também aderiram ao grupo, com o objetivo de estabelecer consensos em torno da descarbonização da frota.

26. Na referida ocasião, o autor deste texto exercia a presidência do Sindicato dos Metalúrgicos do ABC.

A partir dessas interlocuções, o SMABC promoveu articulações amplas: com distintos segmentos econômicos impactados (como fornecedores, rede de distribuição, oficinas, produtores de etanol, entre outros); com as três esferas de governo, buscando moldar uma política industrial coerente com os compromissos internacionais do Brasil em relação ao clima; com universidades e instituições de pesquisa já envolvidas no desenvolvimento de soluções energéticas alternativas; e com outros sindicatos do setor automotivo.

Dessa forma, o SMABC convidou lideranças sindicais de Taubaté, Sorocaba, São Carlos, Itu e Curitiba, assim como representantes das federações estaduais do setor metalúrgico, regiões com presença significativa da Volkswagen e da Toyota. Em paralelo, as montadoras assumiram o compromisso de envolver suas redes de fornecedores e centros acadêmicos já vinculados a projetos de inovação.

Vale destacar que, durante o governo Bolsonaro, havia marcada resistência por parte da administração federal em firmar diálogo com o movimento sindical, impossibilitando a formalização de uma mesa de debate tripartite.

Em julho de 2021, uma comitiva composta pelos representantes dos sindicatos envolvidos e pela Volkswagen visitou a Usina Cocal (Narandiba-SP), com o objetivo de compreender as tecnologias associadas ao etanol. A recepção ficou a cargo de um dos sócios, Carlos Ubiratan Garms, figura central na articulação sobre energia alternativa.

Na sequência, realizou-se visita ao Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) em Piracicaba (SP), pertencente à UNICA, que sediou um seminário envolvendo sindicatos, Volkswagen e representantes da própria UNICA. Foi nesse momento que houve convergência sobre a necessidade de considerar a adoção da motorização híbrida a etanol ou *flex* como estratégia prioritária para descarbonização. Até então, no movimento sindical havia divergências entre a adoção da tecnologia de veículo elétrico puro ou apostar aditivamente no desenvolvimento de híbridos.

Nesse seminário, foi decidida a realização de cinco encontros subsequentes (presenciais e on-line), realizados em diferentes datas e localidades entre 2021 e 2022, estruturando um processo de debate descentralizado: Araraquara (SP), 06/10/2021; São Carlos (SP), 26/04/2022; Sorocaba (SP), 26/05/2022; São José dos Campos (SP), 25/07/2022; Joinville (SC), 07/12/2022.

O primeiro encontro ocorreu em Araraquara, por sua relevância no setor de etanol e forte presença da indústria metalmecânica. Organizado com apoio da prefeitura e universidades locais, o evento reuniu representantes de sindicatos, montadoras e pesquisadores, para debater os fundamentos da tecnologia *flex*-híbrida.

Nesse processo, emergiram novos elementos que fortalecem o uso do etanol como alternativa energética relevante na descarbonização da frota:

- O conselho global da Volkswagen designou a operação da América do Sul como polo para desenvolvimento de tecnologia híbrida *flex* e etanol — tanto para o mercado interno quanto para exportação.
- Aproximadamente 90-95% do etanol produzido no Brasil destina-se à indústria automotiva.
- No período de 1977 a 2020, o Proálcool substituiu cerca de 523 bilhões de litros de gasolina no país.
- A Índia anunciou recentemente a adição de etanol à sua gasolina.
- Estudo comparativo entre emissões das alternativas considerando um ciclo de rodagem de 200 quilômetros (metodologia do poço à roda[27]) indica: 199 g CO_2/km para veículos a gasolina na Europa; 180 g CO_2/km para gasolina com 25% de etanol no Brasil; 93 g CO_2/km para veículos a etanol no Brasil; 86 g CO_2/km para híbridos a etanol no Brasil; 95 g CO_2/km para elétricos no Brasil — bem abaixo dos 133 g CO_2/km de elétricos na Europa, devido à maior participação de fósseis na sua matriz elétrica.
- O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) apresentou tecnologia inovadora de geração interna de eletricidade — que alimenta a bateria sem recarga externa — reduzindo o tamanho necessário da bateria e aproveitando a infraestrutura já existente, resolvendo o problema da autonomia limitada nos veículos elétricos.

27. A metodologia de mensuração das emissões de CO_2 ainda é objeto de controvérsia entre dois conceitos principais. O primeiro, denominado "do tanque à roda", considera apenas as emissões diretas oriundas do escapamento do veículo, desconsiderando o impacto ambiental da produção da fonte de energia. O segundo, conhecido como "do poço à roda", inclui todas as emissões ao longo da cadeia produtiva, desde a origem da energia (elétrica, fóssil ou renovável) até seu uso final no veículo (MME, 2023).

- O uso do potencial energético nacional justifica a adoção da tecnologia híbrida *flex* acoplada à elétrica *plug-in*.
- O programa RenovaBio (2020) prevê uma ambiciosa meta de redução de emissões de 90 bilhões de toneladas de CO_2 até 2031, com substituição de combustíveis fósseis pelo etanol.
- Para alcançar as metas do RenovaBio, será necessário expandir a produção de etanol da safra 2020/2021 (30 bilhões de litros), que ocupou somente 1% do território brasileiro, para cerca de 70 bilhões.
- Esses elementos fundamentaram a proposição de uma política industrial de descarbonização veicular.

É importante lembrar que o seminário ocorreu em meio à campanha eleitoral de 2022, marcada pelo confronto entre projetos divergentes — o de Lula, voltado ao desenvolvimento econômico-social, e o de Bolsonaro, voltado ao estado mínimo.

No segundo semestre de 2021, o SMABC apresentou ao pré-candidato Lula uma proposta de nova indústria automobilística baseada em matriz energética diversificada. Após articulação com Aloizio Mercadante e Geraldo Alckmin, durante a campanha, foi assegurado que o conteúdo seria incorporado em sua futura política industrial.

Com a eleição de Lula (final de 2023) e posse em janeiro de 2024, foi lançado o programa Nova Indústria Brasil (NIB), apresentado por Geraldo Alckmin e Aloizio Mercadante. O programa inclui, como Missão 5, diretrizes explícitas voltadas à bioeconomia, descarbonização, transição energética e segurança energética — elementos centrais à descarbonização da frota, redução de CO_2, uso de biocombustíveis e geração de energia renovável. Em junho de 2024, o Congresso aprovou o Projeto de Lei n. 914/2024, instituidor do Programa Mobilidade Verde (Mover).

Enquanto o Brasil prioriza a diversidade energética, nos países desenvolvidos verifica-se uma transição acelerada para veículos elétricos puros — um processo que enfrenta desafios estruturais. Conforme reporta Pedro Kutney (Motor1, jan/2024): a Alemanha suspendeu incentivos à compra de elétricos (-48% nas vendas em 2023); nos EUA, a GM reduzirá sua meta de vendas, a Ford adiou investimento de US$ 14 bi e a Tesla teve queda de US$ 94 bi em valor de mercado ao início de 2024; a locadora Hertz can-

celou pedido de 100 mil veículos; na China, onde estão 57% do mercado global elétrico, pressiona-se as montadoras estrangeiras por barreiras tarifárias; e a busca por elétricos usados permanece baixa.

No Brasil, a trajetória de vendas de veículos eletrificados (elétrico, híbrido e híbrido *Plug-in*) de automóveis e comerciais leves reflete o amadurecimento da pauta: em 2013, foram licenciadas apenas 491 unidades; em 2018, 3.970; em 2023, 93.909; em 2024, 174.797 e, nos primeiros cinco meses de 2025, 92.718 veículos — equivalendo a 10% das vendas do segmento nesse primeiro período do ano. Em 2024, somente os elétricos representaram 2,5% do total dos licenciamentos e o conjunto dos eletrificados somaram 7,1%[28].

Considerações finais

A descarbonização na cadeia de produção automotiva é crucial para o enfrentamento das mudanças climáticas, uma vez que se trata de um dos setores com maior emissão de gases de efeito estufa. A transição para veículos de baixa ou zero emissão é uma meta global: no entanto, as rotas tecnológicas e as estratégias adotadas para alcançá-la variam consideravelmente entre países e entre os diversos grupos de interesse.

No Brasil, a discussão sobre descarbonização automotiva é complexa. Dada a forte presença da indústria de biocombustíveis e uma matriz energética predominantemente limpa, o país ocupa uma posição singular. Há um incentivo para a combinação de veículos *flex-fuel* utilizando o etanol com a eletrificação, buscando uma "rota brasileira" para a descarbonização automotiva, que pode incluir veículos híbridos flex. Embora o interesse em EVs esteja crescendo, ainda persistem obstáculos significativos, como o custo de aquisição, a limitada infraestrutura de recarga e a dependência de baterias importadas.

O tema da descarbonização automotiva e a transição para novas plataformas de propulsão têm sido amplamente discutidos por sindicatos em todo o mundo, sobretudo nos países líderes da produção automotiva — inclusive no Brasil. "Transição Justa" é o conceito central que guia a maioria das posições sindicais nesses países, buscando garantir que a transição para uma economia de baixo carbono não produza efeitos danosos aos trabalhadores,

28. Elaboração dos autores com base nos dados disponibilizados pela ANFAVEA.

especialmente no que diz respeito ao emprego, à renda, à qualificação profissional, e às relações de trabalho.

O Brasil possui vantagens singulares na transição para tecnologias de mobilidade mais limpas, graças à sua matriz energética diversificada e majoritariamente renovável — em especial pela presença consolidada do etanol, além do potencial crescente de fontes como a energia solar e eólica, que não devem ser negligenciadas.

No cenário atual, os veículos híbridos despontam como opção mais acessível ao consumidor brasileiro, ao passo que os automóveis 100% elétricos ainda se concentram no segmento *premium*. Nesse contexto, a consolidação do etanol como combustível estratégico para os modelos híbridos *flex* depende do aprimoramento da eficiência energética e da redução de custos em relação à gasolina. A conhecida equação 70/30 — que combina preço e rendimento — continua sendo decisiva para a escolha do consumidor entre etanol e gasolina.

É fundamental que a oferta de etanol seja suficiente e previsível, para que não represente um entrave na decisão de compra. A contrapartida esperada do setor bioenergético é justamente a capacidade de atender a uma eventual ampliação da demanda. Para isso, é necessário estabelecer mecanismos regulatórios que impeçam que a elevação do preço internacional do açúcar comprometa o abastecimento de etanol nos postos brasileiros.

Em termos de infraestrutura, os números são reveladores: ao final de 2020, o país contava com 41,8 mil postos de combustíveis (Cade, 2022), enquanto, em janeiro de 2024, havia apenas 3,8 mil estações de recarga elétrica. A expectativa é que esse número atinja 10 mil em 2025, segundo a Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (PMNE). Em um país de dimensões continentais como o Brasil, garantir acesso à recarga elétrica é condição *sine qua non* para o êxito de qualquer política de eletrificação veicular.

Quando o Sindicato dos Metalúrgicos do ABC retomou, em 2020, o diálogo com as montadoras sobre a descarbonização do setor, apenas Toyota e Volkswagen haviam definido investimentos em veículos híbridos no Brasil. Naquele momento, o grupo Stellantis ainda avaliava suas opções. Já em maio de 2024, um total de 16 montadoras haviam anunciado aportes que somavam R$ 105 bilhões para produção de veículos híbridos no país, indicando uma profunda reconfiguração nas estratégias das empresas voltadas ao mercado brasileiro: Stellantis (Fiat, Jeep, Citroën e Peugeot): R$ 30 bilhões (2025–2030); Volkswagen: R$ 16 bilhões (2022–2028); Toyota:

R$ 11 bilhões (2024–2030); GWM: R$ 10 bilhões (2023–2032); General Motors: R$ 7 bilhões (2024–2028); Hyundai: R$ 5,45 bilhões; Renault: R$ 5,1 bilhões (2021–2027); BYD: R$ 5 bilhões (2024–2030); Caoa Chery: R$ 4,5 bilhões (2021–2028); Honda: R$ 4,2 bilhões (2024–2030); Mitsubishi: R$ 4 bilhões (2024–2032); Nissan: R$ 2,8 bilhões (2023–2025); BMW: R$ 500 milhões.

Enquanto isso, os robustos subsídios concedidos por países como Estados Unidos, China e diversas nações europeias à compra de veículos elétricos não são sustentáveis indefinidamente. O esgotamento dessa política de incentivos já começa a refletir sobre a curva de crescimento do setor. A aposta exclusiva no carro 100% elétrico, feita por muitas economias desenvolvidas, revela agora riscos expressivos — o mais relevante deles, a dificuldade de consolidar a confiança do consumidor.

Outro ponto crucial refere-se ao destino das baterias ao final de sua vida útil. A reciclagem desse material demanda investimentos substanciais e uma cadeia logística adequada. É inadmissível que países pobres sejam transformados em depósito de rejeitos tóxicos oriundos das nações industrializadas. A destinação correta das baterias deve ser objeto de legislação específica, construída com base em amplo debate social e com fiscalização efetiva por agências nacionais e internacionais.

A criação de um mercado global de tecnologias limpas é tarefa complexa — mas, neste caso, absolutamente indispensável para a preservação da vida no planeta. O desafio consiste em realizar essa transição sem violar princípios de concorrência justa e sem comprometer os recursos públicos essenciais à sociedade, inclusive aqueles destinados à preservação ambiental.

Os impasses enfrentados atualmente pelos veículos elétricos a bateria (BEVs) nos Estados Unidos e na Europa reforçam a sensatez da estratégia brasileira, que aposta em múltiplos caminhos para a descarbonização e aproveita sua vocação natural para a geração de energia renovável. Trata-se de uma oportunidade histórica para o país — e de poucas vezes repetida.

Por fim, a transição para a eletrificação automotiva deve ser compreendida como parte de um projeto civilizatório mais amplo: o de retribuir à Terra as condições mínimas para a continuidade da vida. Como declarado em Estocolmo, em 1972, temos uma só Terra — e dela depende nosso futuro comum.

Referências

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA – AIE (2024). *Fornecimento de energia no mundo*. Disponível em: https://www.iea.org/countries/brazil. Acesso em: 15 maio 2024.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA (2024). *Anuário Estatístico da Indústria Automobilística*. São Paulo.

ANFAVEA (2024). *O que foi o Proálcool?* Disponível em: https://anfavea.com.br/site/o-que-foi-o-proalcool/. Acesso em: 20 maio 2024.

ARBIX, Glauco Antonio Truzzi (1996). A câmara proscrita ou o desperdício institucional do governo FHC. *Revista Sociedade e Estado*, v. *11,* n. 2, p. 345-372. Brasília: Universidade de Brasília.

BARAN, Renato; LEGEY, Luiz Fernando Loureiro (2011). Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 33, p. 207-224.

BAUMGARTNER, Frank R.; JONES, Bryan D. (2015). *The politics of information:* Problem definition and the course of public policy in America. Chicago: University of Chicago Press.

BAUMGARTNER, Frank R.; JONES, Bryan D.; MORTENSEN, Peter B. (2018). Punctuated equilibrium theory: Explaining stability and change in public policymaking. *In:* M. WEIBLE, C.; SABATIER, P. A. (Orgs.). *Theories of the Policy Process*, 4. ed., p. 55-101. Routledge.

BICEV, Jonas Tomazi (2022). Ação sindical e política industrial: a participação do Sindicato dos Metalúrgicos do ABC no Inovar-Auto. *Revista do Centro de Estudos da Cultura Contemporânea*, v. 12, n. 1, p. 423-450.

BRESCIANI, Luis Paulo; SOARES, Warley Batista (2024). A entrada dos veículos elétricos no Brasil: desafios e alternativas. *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: Papagaio.

CADE – CONSELHO ADMINISTRATIVO DE DEFESA ECONÔMICA (2022). *Mercados de Distribuição e Varejo de Combustíveis Líquidos*. Brasília: Ministério da Justiça e Segurança Pública. Disponível em: https://cdn.cade.gov.br/Portal/centrais-de-conteudo/publicacoes/estudos-economi-

cos/cadernos-do-cade/Caderno_Mercados-de-distribuicao-e-varejo-de--combustiveis-liquidos.pdf. Acesso em: 09 jun. 2024.

CAMARGO, Zeíra Mara (2003). *O Sindicato dos Metalúrgicos do ABC e as ações regionais na década de 90*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS), São Caetano do Sul.

CANO, Wilson (2012). A desindustrialização no Brasil. *Economia e Sociedade*, v. 21, número especial. Campinas: Unicamp.

CHAVES, Zeca (2021). O que ninguém conta sobre os carros elétricos. *Automotive Business*, 09 abr. Disponível em: https://automotivebusiness.com.br/pt/posts/artigo/o-que-ninguem-conta-sobre-os-carros-eletricos/. Acesso em: 26 maio 2024.

CONCEIÇÃO, Jefferson J. da. (2008). *Quando o apito da fábrica silencia:* sindicatos, empresas e poder público diante do fechamento de indústrias e da eliminação de empregos na Região do ABC. São Bernardo do Campo/SP: MP Editora.

CONCEIÇÃO, Jefferson J. da; TREFIGLIO, Ricardo P. (2024). As políticas e metas para a descarbonização automotiva no cenário internacional recente. *In:* CONCEIÇÃO, Jefferson J. da; TREFIGLIO, Ricardo P.; SANTOS, Simona A. B. dos; DAMASCENO, Wellington M. (Orgs.). *Da bomba ao plug:* o Brasil, a descarbonização e a indústria automotiva. São Paulo: Papagaio.

CONCEIÇÃO, Jefferson J. da *et al.* (Orgs.) (2024). *Da bomba ao plug:* o Brasil, a descarbonização e a indústria automotiva. São Paulo: Papagaio.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI (2019). Nota Econômica: Indústria perde peso no PIB, mas se mantém importante para a economia brasileira. *Informativo CNI*, ano 5, n. 11, jul.

DUPUIS, Mathieu *et al.* (2024). A just transition for auto workers? Negotiating the electric vehicle transition in Germany and North America. *ILR Review*, v. 77, n. 5, p. 770-798.

EINAUDI, Filippo (2021). Estudo analisa impacto dos carros elétricos no nível de empregos. *INSIDEEVs*, 02 jan. Disponível em: https://insideevs.uol.com.br/news/462677/estudo-carros-eletricos-empregos/. Acesso em: 26 maio 2024.

GALVÃO, Andréia (1998). Os Metalúrgicos do ABC e a Câmara Setorial da Indústria Automobilística. *Revista de Sociologia e Política*, *10/11*. São Paulo.

GREENER. (2024). *Brasil deve ter mais de 2.500 novas estações de recargas até o final de 2024*. 18 jan. Disponível em: https://www.greener.com.br/brasil-deve-ter-mais-de-2500-novas-estacoes-de-recargas-ate-o-final-2024/. Acesso em: 12 jun. 2024.

HERTWIG, Markus (2012). Institutional effects in the adoption of e-business-technology: evidence from the German automotive supplier industry. *Information and Organization*, v. 22, n. 4, p. 252-272.

INSTITUT JACQUES DELORS (2025). *The Road to a New European Automotive Strategy: Trade and Industrial Policy Options*. Paris: Institut Jacques Delors. Disponível em: https://institutdelors.eu/em/publications/the-road-to-a-new-european-automotive-strategy-trade-and-industrial-policy-options/. Acesso em: 09 jun. 2025.

KAHANCOVÁ, Marta; LUKÁCOVÁ, Katarina (2023). Digitalization, Automatization and Collective Bargaining in the Metal Sector. *Slovakia Policy Report*, maio. Disponível em: https://celsi.sk/media/datasource/BARMETAL_sk.pdf. Acesso em: 09 jun. 2025.

KLEINA, Nilton (2021). A história dos carros elétricos. *Tecmundo*, 16 mar. Disponível em: https://www.tecmundo.com.br/mobilidade-urbana-smart-cities/212835-historia-carros-eletricos-saiba-tudo-comecou.htm. Acesso em: 20 maio 2024.

KUTNEY, Pedro (2024). Carro elétrico encara hora da verdade. *Observatório Automotivo*, 29 jan. Disponível em: https://motor1.uol.com.br/features/706513/observatorio-automotivo-carro-eletrico-hora-verdade/. Acesso em: 08 jun. 2024.

LIRA, Cauê (2024). Carro híbrido: quais são os tipos e como funcionam? *Auto Esporte*, 04 abr. Disponível em: https://autoesporte.globo.com/carros/carros-eletricos-e-hibridos/noticia/2024/04/carro--hibrido-quais-sao-os-tipos-e-como-funcionam.ghtml. Acesso em: 15 maio 2024.

MACIEL, David (2011). O Governo Collor e o Neoliberalismo no Brasil (1990-1992). *Revista UFG*, ano 12, n. 11, dez.

MATTOS, Thais C. L. (2015). *O Projeto de Reforma Liberal no Governo Collor de Mello:* uma reflexão acerca da mudança estratégica na política externa brasileira no contexto nacional de reformas (1990-1992). São Paulo: UNESP Marília.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME (2023). Veja como funciona a análise do ciclo de vida "do poço à roda". 02 out. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/veja-como-funciona-a-analise-do-ciclo-de-vida-do-poco-a-roda. Acesso em: 05 jun. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS – MDIC – GF (2019). *Avaliação de Impacto do programa Inovar-Auto. Grupo de Acompanhamento do Programa Inovar-Auto*, dez. Disponível em: https://www.gov.br/mdic/pt-br/images/REPOSITORIO/sdci/InovarAuto/Avaliacaoa_dea_Impactoa_-a_Inovar-Auto.pdf. Acesso em: 10 jun. 2024.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (2024). *Registro Anual de Informações Sociais – RAIS*.

MORA, Rodrigo (2022). Como a indústria automotiva tenta se eletrificar há 120 anos. *Forbes*, 25 jun. Disponível em: https://forbes.com.br/forbeslife/2022/06/como-a-industria-automotiva-tenta-se-eletrificar-ha-120-anos. Acesso em: 20 maio 2024.

MORETI, Fernando P. (2011). *Abertura comercial brasileira:* contrapondo opiniões. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado – Ciências Econômicas) – Faculdade de Ciências e Letras de Araraquara, Universidade Estadual Paulista.

NEGRI, João A. de. (1999). O custo de bem-estar do regime automotivo brasileiro. *Revista Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 29, n. 2, p. 215-242. Rio de Janeiro: IPEA.

NEOCHARGE (2024). *Conheça os tipos de carros elétricos*. Disponível em: https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/tipos-veiculos-eletricos. Acesso em: 15 maio 2024.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE FABRICANTES DE VEÍCULOS MOTORIZADOS – OICA (2024). Disponível em: https://www.oica.net/. Acesso em: 09 jun. 2024.

RAMALHO, José Ricardo; CONCEIÇÃO, Jefferson J. (2024). *Caças supersônicos e o ABC Paulista:* tecnologias e reconversão industrial. São Paulo: Papagaio.

RAMALHO, José Ricardo; SANTOS, Rodrigo S. P. dos. (2024). A caminho da descarbonização na indústria automobilística no Brasil: impasses e desafios da proteção aos trabalhadores. *In:* CONCEIÇÃO, Jefferson J. *et al*. (Orgs.). *Da Bomba ao plug:* o Brasil, a descarbonização e a indústria automotiva. (p. 123-145). São Paulo: Papagaio.

RODRIGUES, Iram J. (1999). *O Novo Sindicalismo:* 20 anos depois. São Paulo: Vozes.

RUYTER, Alex *et al.* (2024). A "just transition" for workers in the automotive sector? Survey evidence from the West Midlands. *Contemporary Social Science*, v.19, n. 1-3, p. 199-222.

SANTANA, Wagner Firmino de; SANTANA, Zeíra Mara Camargo (2024). Trabalhadores percorrem os caminhos da eletromobilidade. *In:* CONCEIÇÃO, Jefferson J. *et al.* (Orgs.). *Da Bomba ao plug:* o Brasil, a descarbonização e a indústria automotiva. São Paulo: Papagaio. p. 146-168.

SELERGES, Moisés (2024). O futuro do setor de ônibus no Brasil e o impacto nos trabalhadores. *In:* CONCEIÇÃO, Jefferson J. *et al.* (Orgs.). *Da Bomba ao plug:* o Brasil, a descarbonização e a indústria automotiva. São Paulo: Papagaio. p. 169-190.

SINDICATO DOS METALÚRGICOS DO ABC – SMABC (2002). *Plano de 7 Metas para o Setor Automotivo no Brasil*. São Paulo.

SINDICATO DOS METALÚRGICOS DO ABC – SMABC (2020). Caderno de teses do 7° congresso dos metalúrgicos do ABC. Disponível em: https://smabc.org.br/wp-content/uploads/2020/01/7congresso.pdf. Acesso em: 21 maio 2024.

SINDICATO DOS METALÚRGICOS DO ABC – SMABC; DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS – DIEESE / Subseção SMABC (1992). *Reestruturação do Complexo Automotivo Brasileiro:* as propostas dos trabalhadores na Câmara Setorial. São Paulo.

UNIDO (2024). *Valor Adicionado por Atividade Econômica, Taxa Anual de Crescimento* – Porcentagem, Brasil. Disponível em: https://unstats.un.org/unsd/snaama/. Acesso em: 21 maio 2024.

VELOSO, Fernando A.; VILLELA, André; GIAMBIAGI, Fábio (2007). *Determinantes do Milagre Econômico Brasileiro (1968-1973):* uma análise empírica. Rio de Janeiro: IPEA, Texto para Discussão, n. 1273.

VENDITTI, Mário Sérgio (2020). A história do carro elétrico. *O Estado de S. Paulo*, 15 dez. Disponível em: https://mobilidade.estadao.com.br/inovacao/a-historia-do-carro-eletrico/. Acesso em: 20 maio 2024.

SOBRE OS AUTORES

BOY LUETHJE

Doutor em Sociologia pela Universidade Goethe de Frankfurt, Alemanha. Pesquisador sênior no Instituto de Pesquisa Social de Frankfurt. Professor na Universidade Sun-Yat-sen e Universidade de Tecnologia do Sul da China – Guangzhou, China. Coordenador da Rede "Capitalismos Asiáticos", Sociedade para o Avanço da Socioeconomia (SASE). Consultor de sindicatos internacionais na indústria automotiva.

DAVIDE BUBBICO

Doutor em Sociologia pela Universidade de Nápoles. Professor associado do Departamento de Estudos Políticos e Sociais (DISPS), Universidade de Salerno, do Programa de Pós-Graduação Educational and Social Research, Society and Teaching-Learning Studies da Universidade de Salerno. Membro do comitê científico do Center for Automotive and Mobility Innovation (CAMI) da Universidade de Veneza e do Comitê Diretivo do Observatório sobre a Transição do Ecossistema Automotivo em Roma.

FELIPE FERREIRA DE LARA

Graduado em Engenharia de Produção: Agroindustrial pela Universidade Federal de São Carlos campus São Carlos (2005). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos campus Sorocaba (2013). Doutor e Pós-doutor em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (2016 e 2018). Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus Boituva. Atua nas áreas de Estratégias e Inovação.

FLÁVIA L. CONSONI

Professora Livre-Docente junto ao Programa de Pós-graduação em Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp. Desenvolve e orienta pesquisas em temáticas ligadas à inovação, transição energética e mobilidade urbana sustentável, com foco particular na Governança e nas Políticas Públicas que promovam a mobilidade elétrica. Coordena o Laboratório de Estudos do Veículo Elétrico (LEVE) e o curso de Extensão em Mobilidade Elétrica: Políticas, Planejamento e Oportunidades de Negócios oferecido pela Escola de Extensão da Unicamp.

GALEN SHER

Economista Sênior que trabalha em tópicos de política fiscal global no Departamento de Assuntos Fiscais do FMI, onde liderou o relatório Fiscal Monitor. Anteriormente, foi Economista Sênior para a Alemanha no Departamento Europeu do FMI, onde desenvolveu orientações sobre uma variedade de tópicos, desde política macroprudencial até produtividade. Antes disso, trabalhou nos Departamentos de Pesquisa, Mercados Monetários e de Capitais e do Hemisfério Ocidental do FMI. Seus interesses de pesquisa relacionam-se à macroeconomia aplicada e econometria. Doutor pela Universidade de Oxford.

JACOPO STACCIOLI

Professor Assistente de Política Econômica na Universidade Católica do Sagrado Coração em Milão. Doutor em Economia pela Escola Sant'Anna de Estudos Avançados em Pisa. Anteriormente, foi professor adjunto na Universidade de Milão e consultor externo da EU-OSHA, do Banco Mundial e da OCDE.

JEFFERSON JOSÉ DA CONCEIÇÃO

Pós-Doutor. Professor na USCS. Coordenador do Observatório de Políticas Públicas. Foi economista do DIEESE na Subseção do Sindicato dos Metalúrgicos do ABC (1987-2004) e na CUT Nacional (2004-2009). Foi Secretário de Desenvolvimento Econômico de São Bernardo do Campo (2009-2015). Superintendente do Instituto Municipal de Previdência de SBC (2015-2016). Diretor da Adesampa (2016-2017). Foi Membro do Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social da Presidência da República (2005-2010). Autor e coautor de Minipublicações como "Entre a mão Invi-

sível e o Leviatã: contribuições heterodoxas à economia brasileira" (Didakt/USCS, 2019); "Caças Supersônicos e o ABC Paulista: tecnologia e reconversão industrial" (Papagaio, 2024); "Da Bomba ao Plug: o Brasil, a descarbonização e a indústria automotiva" (Editora Papagaio, 2024).

JING ZHOU

Economista na equipe dos EUA no Departamento do Hemisfério Ocidental do FMI. Antes disso, ela trabalhou na Alemanha e na Europa emergente e no Departamento de Assuntos Fiscais do FMI. Publicou artigos acadêmicos sobre default soberano, equilíbrio externo e taxa de câmbio, entre outras áreas. Doutora em Economia pela Universidade de Columbia.

JOÃO ASSIS DULCI

Doutor em Sociologia pelo Instituto de Estudos Sociais e Políticos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IESP/UERJ). Professor do departamento de Ciências Sociais e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais da Universidade Federal de Juiz de Fora (PPGCSO/UFJF). Vice-diretor do Centro de Pesquisas Sociais da UFJF e coordenador do Comitê de Pesquisa em Sociologia Econômica da Sociedade Brasileira de Sociologia (SBS). Integrante do Brazilian Research in Auto Industry (BRAIN).

JOSÉ RICARDO RAMALHO

Professor titular do Departamento de Sociologia e do Programa de Pós-Graduação em Sociologia (PPGS) da UFRJ. É pesquisador do CNPq e coordenador do Grupo de Pesquisa do CNPq "Desenvolvimento, trabalho e ambiente" (DTA-UFRJ). Organizou, entre outros, os livros *Trabalho e Mudança Social: Efeitos da indústria automotiva no Rio de Janeiro* (com Rodrigo Santos). São Paulo: Annablume, 2022, e *Configurações do desenvolvimento, trabalho e ação coletiva* (com Marcelo Sampaio Carneiro e Roberto Véras de Oliveira). São Paulo: Annablume, 2021.

JULIANO PELEGRINA

Engenheiro Mecânico graduado pela UNESP (1996). Pós-graduado em Gestão Empresarial pela FGV-RJ (1998) e em Distribuição e Logística pela FIA (2016). Mestre (2019) e Doutor em Administração pela FEA-

USP (2025), com atuação anterior em funções comercial-estratégicas em empresas multinacionais automobilísticas. Pesquisador de ecossistemas sustentáveis na indústria da mobilidade (Mobilab-USP).

LUCAS DO AMARAL AFONSO

Doutor em Sociologia pelo Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade Federal Fluminense (PPGS-UFF). Pesquisador do Brazilian Research in Auto Industry (BRAIN). Desenvolve pesquisas em sociologia econômica, estratégias e micropolíticas de subsidiárias multinacionais, cadeias produtivas e dinâmicas locacionais do setor automotivo.

LUCAS LEMOS WALMRATH

Doutor em Sociologia pelo Programa de Pós-Graduação em Sociologia e Antropologia (PPGSA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). É atualmente professor substituto do Departamento de Sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Sociais (IFCS) da UFRJ. Pesquisador do núcleo de estudos Desenvolvimento, Trabalho e Ambiente (DTA) e do Brazilian Research in Auto Industry (BRAIN).

MARIA ENRICA VIRGILLITO

Doutora em Economia pela Scuola Superiore Sant'Anna Pisa. Professora Titular de Economia, Departamento de Economia Política, na Università Cattolica del Sacro Cuore, Milão, Itália.

MARTIN KRZYWDZINSKI

Professor de relações laborais internacionais na Universidade Helmut Schmidt de Hamburgo. Diretor do Instituto Weizenbaum para a Sociedade em Rede e chefe do grupo de pesquisa "Globalização, Trabalho e Produção" no Centro de Ciências Sociais WZB de Berlim. Sua pesquisa foca na mudança tecnológica no local de trabalho.

MATTEO RINALDINI

Doutor em Ciências Sociais Teóricas e Aplicadas pela Universidade de Módena e Reggio Emília (UNIMORE). Professor Associado de Sociologia do Trabalho na UNIMORE, onde também atua como Coordenador do Programa de Doutorado em Humanidades, Tecnologia e Sociedade (HTS).

Membro do Comitê Diretivo do Observatório sobre a Transformação do Ecossistema Automotivo (OTEA).

OYA CELASUN

Subdiretora do Departamento Europeu do FMI, onde supervisiona a vigilância da área do euro, da Alemanha e de várias outras economias europeias. Suas posições anteriores no FMI incluíram Chefe da Divisão de Vigilância Multilateral e da Divisão de Estudos Econômicos Mundiais no Departamento de Pesquisa; Chefe de Missão no Uruguai e na Alemanha, e Economista e Chefe Adjunto nas mesas dos Estados Unidos e Canadá. Publicou diversos artigos acadêmicos e de políticas sobre questões relacionadas à sustentabilidade da dívida pública, risco soberano e dívida corporativa, inflação em economias avançadas e de mercados emergentes, e os custos dos fluxos de ajuda imprevisíveis em países de baixa renda.

PETIA TOPALOVA

Chefe da divisão de Macroeconomia do Desenvolvimento no departamento de Pesquisa do Fundo Monetário Internacional (FMI). Antes disso, atuou em várias funções nos departamentos da Ásia e Pacífico, da Europa e de Pesquisa do FMI. Foi professora adjunta na Harvard Kennedy School of Government, pesquisadora visitante no Center for International Development e editora associada da IMF Economic Review. Doutora em Economia pelo Massachussetts Institute of Technology (MIT). Seus interesses de pesquisa incluem comércio internacional e desenvolvimento.

PETR PAVLÍNEK

Professor de Geografia na Universidade de Nebraska, em Omaha, EUA, e na Universidade Charles, Praga, Tchéquia. Sua pesquisa e publicações concentram-se nos efeitos do desenvolvimento regional do IDE, com um interesse particular na indústria automotiva europeia. Seu último livro, *A Indústria Automotiva da Europa: Redes de Produção Global e Mudança Espacial,* foi publicado pela Cambridge University Press em 2025.

RAPHAEL JONATHAS DA COSTA LIMA

Doutor em Sociologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor associado do Departamento Multidisciplinar de Volta Redonda

(VMD), do Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA) e do Programa de Pós-Graduação em Sociologia (PPGS) da Universidade Federal Fluminense (UFF). Pesquisador do CNPq e coordenador do Brazilian Research in Auto Industry (BRAIN).

ROBERTO MARX

Professor Associado do Departamento de Engenharia de Produção. Doutor e Mestre em Engenharia de Produção pela POLI/USP. Pesquisador Visitante do Royal Institute of Technology e do IDS University of Sussex, Inglaterra. Editor Associado da Revista *Gestão & Produção.* Membro do Steering Comitte da Rede Internacional de Estudos sobre o Setor Automotivo (GERPISA). Membro do Comitê Editorial da IJATM – International Journal of Automotive Technology and Management. Atua nas áreas de Projeto Organizacional e de Mobilidade Urbana Sustentável.

RODRIGO FORESTA WOLFFENBÜTTEL

Doutor em Sociologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pesquisador Convidado do Departamento de Política Científica e Tecnológica (DPCT) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Atualmente, atua como Professor Conveniado na Secretaria de Educação a Distância da UFRGS e é pesquisador membro dos Grupos de Pesquisa GEI/UFRGS e LEVE/Unicamp.

TOMMASO PARDI

Pesquisador sênior do CNRS e diretor da rede internacional de pesquisa automotiva Gerpisa, sediada na École Normale Supérieure de Paris-Saclay.

WAGNER FIRMINO DE SANTANA

Presidente do Sindicato dos Metalúrgicos do ABC (SMABC) entre 2017 e 2022. Diretor Executivo da TVT no período 2017-2020. Presidente do DIEESE no período 2003-2004. Membro do Comitê Mundial dos Trabalhadores na Volkswagen entre 1998 e 2004. Coordenador do Comitê Sindical na Volkswagen Anchieta, entre 1999 e 2011.

ZEÍRA MARA CAMARGO DE SANTANA

Graduada em Economia (FSA). Mestra em Administração (USCS). Economista do Dieese na Subseção do Sindicato dos Metalúrgicos do ABC (SMABC) entre 2000 e 2022. Especialista em Políticas Públicas pela Universidade Federal do ABC. Assessora no SMABC entre 1994 e 2000.

VALERIA CIRILLO

Professora Associada de Economia na Universidade de Bari Aldo Moro e afiliada externa ao Instituto de Economia da Escola Sant'Anna de Estudos Avançados. Faz parte do conselho do programa de doutorado em Economia da Universidade Sapienza de Roma. É editora associada do Italian Economic Journal (Springer) e do Structural Change and Economic Dynamics (Elsevier). Seus projetos de pesquisa recentes incluem *DIGITWORK* – A Transição Digital e o Mundo do Trabalho: Mercados de Trabalho, Organizações, Qualidade do Trabalho e Relações Industriais.

WEI ZHAO

Professor no Instituto de Políticas Públicas da Universidade de Tecnologia do Sul da China. Doutor em Economia Industrial (2006) pela Universidade de Paris III. Mestre em Sociologia (1995) e bacharel (1992) pela Universidade Sun Yat-sen. Seus principais interesses de pesquisa estão na política e gestão da indústria, tecnologia e inovação. Agora, baseado no sul da China, também é um pesquisador associado do Instituto ESSCA EU-Asia e do Centro de Economia da Universidade Paris Nord (CEPN) na França.