

MUDANÇAS NA GEOGRAFIA DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA, ESTUDO DE CASO DAS BATERIAS PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS

<https://doi.org/10.4215/rm2024.e23035>

Lemos, T.R. ^{a*} - Ouriques, H.R. ^b - Silva Júnior, G.G. ^c - Marcelo Arend ^d

(a) Pós-Graduação em MBA - Economia e Gestão da Sustentabilidade

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9105-5151>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/5578658722331103>.

(b) Doutor em Geografia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7518-3356>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/0640611423436127>.

(c) Doutor em Economia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2361-9431>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/1670061812191560>.

(d) Doutor em Economia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5748-9690>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/7529526549587196>.

Article history:

Received 26 April, 2024

Accepted 03 October, 2024

Published 26 October, 2024

(*) CORRESPONDING AUTHOR

Address: Universidade Federal de Santa Catarina, Estr. Dona Francisca, 8300 - Bloco U - Zona Industrial Norte, Joinville - SC, 89219-600

E-mail: helton.ricardo@ufsc.br

Resumo

O propósito deste artigo é contextualizar as mudanças na geografia da indústria automobilística, analisando a relação entre os principais países produtores e a evolução da ciência, tecnologia e inovação no setor. Para tanto, foi realizada uma pesquisa empírica, com a construção e análise de uma base de dados, na plataforma Dewert Innovation, mostrando a evolução do registro de patentes. Também é investigada a transformação recente na indústria em direção à eletromobilidade, que vem sendo viabilizada pelo avanço na produção de baterias. Assim, estudou-se o setor de baterias de íon-lítio (LIB), que evidencia a mudança na liderança inovativa, do Ocidente para o Oriente, com a relevância cada vez maior do Japão, da Coreia do Sul e da China.

Palavras-chave: desenvolvimento; ciência, tecnologia e inovação; indústria automobilística.

Resumen / Abstract

TRANSFORMACIONES EN LA GEOGRAFÍA DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ, ESTUDIO DE CASO DE BATERÍAS PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

El propósito de este artículo es contextualizar los cambios en la geografía de la industria automotriz, analizando la relación entre los principales países productores y la evolución de la ciencia, la tecnología y la innovación en el sector. Para ello, se realizó una investigación empírica, con la construcción y análisis de una base de datos disponible en la plataforma Dewert Innovation, mostrando la evolución del registro de patentes. También se investiga la reciente transformación de la industria hacia la electromovilidad, que ha sido posible por los avances en la producción de baterías. Así, se estudió el sector de las baterías de iones de litio (LIB), que pone de relieve el cambio de liderazgo innovador, de Occidente a Oriente, con la creciente relevancia de Japón, Corea del Sur y China.

Palabras-clave: desarrollo; ciencia, tecnología e innovación; industria automobilística.

GEOGRAPHICAL CHANGES IN THE AUTOMOBILE INDUSTRY, A CASE STUDY OF BATTERYS FOR ELECTRICAL VEHICLES

The purpose of this article is to contextualize the geographical changes of automobile industry, analyzing the relationship between the main producing countries and the evolution of science, technology and innovation in this sector. In this sense, an empirical research was carried out, with the construction and analysis of a database of Dewert Innovation platform, showing the evolution of patent registration. We also investigate the recent transformation of this industry towards electromobility, which has been made possible by advances in production of batteries. Thus, the lithium-ion battery (LIB) sector was studied, which highlights the change in innovative leadership from the West to the East, with the increasing relevance of Japan, South Korea and China.

Keywords: development; Science, technology and innovation; automobile industry.

INTRODUÇÃO

Uma boa expressão metafórica para designar o século XX é chamá-lo de século do automóvel, objeto-símbolo do capitalismo e expressão do fordismo, entendido aqui como um modo de vida total, como destacado por Harvey (1993). Na verdade, tanto o automóvel quanto o petróleo (outro setor-chave da economia mundial até os dias atuais) são expressões da sociedade de consumo em massa. A questão do petróleo, aliás, tornou-se estratégica para os Estados ao longo do século XX, tendo forte componente geopolítico e significativa relevância na economia mundial (Yergin, 2010).

A consolidação do motor a combustão deu início – a partir da década de 1920 – a uma mudança produtiva sem precedentes nesses dois setores, acima mencionados. No que tange à indústria automotiva, foco desse artigo, a estabilização do padrão tecnológico criou as condições para a oligopolização, com a concentração produtiva em poucas marcas e países. Já nos anos 1970, a Terceira Revolução Industrial (3ª RI) trouxe consigo um novo conjunto de possibilidades, baseados na popularização dos computadores e maior automação das máquinas. Esta fase alterou novamente o padrão tecnológico, permitindo a reconfiguração da estrutura de mercado da indústria como um todo, abrindo espaço para a entrada de novos *players* e países. É neste contexto que a forte dependência em torno do petróleo se mostrou um fator relevante, em termos econômicos e geopolíticos. Além disso, questões relacionadas a impactos ambientais, provenientes da industrialização massiva, passam a permear as discussões, em busca de ações mais efetivas direcionadas a sustentabilidade.

Este arcabouço de acontecimentos disruptivos chega à virada dos séculos XX e XXI diante de uma economia industrial amplamente globalizada – com suas cadeias globais de valor – e em meio a uma crescente preocupação com as mudanças climáticas. A Agenda Ambiental anseia por padrões tecnológicos menos poluentes, sobretudo na Indústria Automotiva, e a revolução da informação e das comunicações dá a sustentação tecnológica para isso. O veículo elétrico volta ao protagonismo e passa a ser a alternativa viável para a transição energética, na qual a eletromobilidade se coloca como uma disrupção paradigmática. Dá-se início então a uma corrida tecnológica com vistas a garantir que os EVs (veículos elétricos) possam concorrer diretamente com os veículos convencionais movidos a ICE (*internal combustion engine*), atacando o que seria o “calcanhar de Aquiles” do veículo elétrico, as baterias. O baixo desempenho das baterias deixa o EV vulnerável e com pouca praticidade no dia a dia do usuário, sobretudo em trajetos mais longos. Essa trajetória tecnológica é contada a partir da análise dos dados de registros de patentes relacionadas às baterias de íon-lítio para veículos elétricos desde 1990. O que se vê é a presença predominante de registros no Japão, entre 1990 e 2012, seguido por Alemanha e EUA e, com o posterior crescimento nos depósitos realizados pela Coreia do Sul e pela China. Marcas bastantes famosas do setor de TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação) – principalmente celulares e laptops – estão presentes entre os principais depositantes, além de fabricantes consolidados na Indústria Automotiva.

As tecnologias empregadas na composição das baterias de íon-lítio (LIB, *Lithium-ion Battery*) utilizadas em veículos elétricos, são as mesmas para todos os tipos de dispositivos eletrônicos. Com o advento do microprocessador nos anos 1970, acompanhado de todo o processo de difusão e *spillovers* tecnológicos, o setor de TIC torna-se um dos mais relevantes na economia industrial. É neste cenário evolutivo que as pesquisas direcionadas à inovação tecnológica das baterias se desenvolve, sobretudo ao longo da década de 1980 e inícios dos anos 1990. Cabe destacar que os primeiros telefones celulares e *laptops* comercializados utilizavam baterias de níquel-cádmio (NiCd) e posteriormente de níquel-hidreto metálico (NiMH). Foi em 1991 que a Sony comercializou a primeira bateria de íon-lítio, recarregável, a qual vem constantemente sofrendo transformações que permitem maior adaptabilidade aos mais variados produtos (ROSOLEM, 2012). A análise dos dados de patentes relacionadas a LIB para dispositivos eletrônicos nos traz um movimento bastante similar ao observado para os EVs, no que se refere a distribuição global entre os países. Entre as marcas há uma forte presença do setor de TICs, porém com algumas tradicionais do setor Automotivo.

A produção mundial de baterias de íon lítio vem crescendo substancialmente nos últimos anos, estando fortemente concentrada no leste asiático – China, Coreia do Sul e Japão. No entanto, diversos anúncios de investimentos nos EUA e Europa vem sendo noticiados, o que indica uma verdadeira corrida pela capacidade produtiva e inovativa, que envolve a soberania energética das nações. Fica evidente a configuração de novos conglomerados industriais, por meio de fusões, *joint ventures* e

parcerias em P&D, entre grupos tradicionais dos setores de TIC e Automotivo, assim como com a entrada de novos *players* no mercado de LIBs para veículos elétricos.

Estudos indicam que o estoque de conhecimento presente nos registros de patentes LIBs vem crescendo na última década, indicando uma maior amplitude, assim como uma maior interdisciplinaridade deste conhecimento. Vê-se a presença de diferentes setores que se retroalimentam para compartilhar conhecimento em comum. Isto aponta para um *lock-in* tecnológico das LIBs, diante de sua capacidade de recombinação de conhecimento para aplicação em veículos, dispositivos eletrônicos e demais sistemas de armazenamento de energia. Em meio ao amplo movimento global de transição do motor a combustão para a eletromobilidade, sustentado em grande parte pelo transbordamento do setor de TIC, o rompimento com o *carbon lock-in* estaria se mostrando uma realidade? Assim como o século XX foi marcado por uma sucessão de eventos sociais, políticos e econômicos em torno do petróleo, uma reconfiguração geopolítica com diferentes desdobramentos estaria a acontecer? A dependência do petróleo dará lugar a dos metais leves – matéria-prima presente nas LIBs – com um eventual lítio *lock-in*?

Para subsidiar essa discussão, o presente artigo fundamenta-se na coleta e análise de dados de patentes que foram obtidos junto a plataforma *Derwent Innovation*, pertencentes ao grupo Clarivate Analytics, de acesso restrito a usuáriosⁱ. As extrações foram feitas tendo como resultado a formação de três grandes grupos de bases de dados, relacionados a: 1) motor a combustão interna, entre 1900 e 2019; 2) Bateria de íon-lítio para uso em veículo elétrico entre 1990-2019; 3) Bateria de íon-lítio para uso em dispositivo eletrônico entre 1990-2019.

Para o presente trabalho, serão apresentados os resultados construídos a partir da base de dados da plataforma mencionada para os grupos 2 e 3, da seguinte forma: a) para o grupo 2, primeiramente foi feito um filtro no código manual DWPI (*Derwent World Patent Index*) combinando os subgrupos X16-B01F1 e X21. Em seguida (paralelamente) outra busca foi feita no IPC (*International Patent Documentation*), combinando os subgrupos específicos B60K e H01M. Por fim, a plataforma é submetida a uma combinação dos dois resultados obtidos, gerando uma única base de dados. A extração final foi feita utilizando a função INPADO (*International Patent Documentation*); b) para o grupo 3, primeiramente foi feito um filtro no código manual DWPI (*Derwent World Patent Index*) combinando os subgrupos X16-B01F1 e P8 ou T ou W. Em seguida (paralelamente) outra busca foi feita no IPC, combinando os subgrupos específicos H01M e H02H ou H02J.

Destacamos aqui que a geografia da inovação, como subárea da geografia econômica, produziu importantes contribuições teóricas contemporâneas, como destacado na revisão crítica feita por Moulaert & Sekia (2010), a respeito dos modelos de inovação territorialⁱⁱ. Além disso, é preciso mencionar que a temática do desenvolvimento regional/local é foco de várias reflexões teóricas na geografia, como expresso na obra de autores já clássicos como Lipietz (1988); Harvey (2013); Piore & Sabel (1984); Smith (1988) e Benko (1996), entre outrosⁱⁱⁱ. Mesmo reconhecendo a importância dessas distintas contribuições e marcos teóricos, o pano de fundo da presente investigação é a análise dos sistemas-mundo, em particular a partir das reflexões de Giovanni Arrighi (1997) e Immanuel Wallerstein (2011), como justificado a seguir.

A análise dos sistemas-mundo define um sistema mundial

“...como un sistema en el que existe una división extensiva del trabajo. Esta división no es meramente funcional – es decir, ocupacional – sino geográfica. Es decir, la gama de tareas económicas no está distribuida uniformemente a lo largo y lo ancho del sistema mundial” (WALLERSTEIN, 2011, p. 491).

Na concepção deste autor, a economia-mundo está dividida em Estados do centro e áreas periféricas, e existem também áreas semiperiféricas “que están entre el centro y la periferia en una serie de dimensiones, tales como la complejidad de las actividades económicas, la fuerza del aparato del Estado, la integridad cultural, etc.” (idem, p. 492). Wallerstein também argumenta que a divisão de uma economia-mundo supõe uma hierarquia de tarefas ocupacionais, na qual as tarefas que requerem maiores níveis de qualificação e um maior nível de acumulação de capital estão reservadas para as áreas que possuem mais capacidade de reter e/ou controlar essas duas variáveis.

A posição de centralidade no moderno sistema interestatal é definida pela combinação exitosa de atividades do núcleo orgânico, num dado momento do tempo, em um território. Essas atividades são definidas como aquelas consideradas inovadoras. No capitalismo histórico, os Estados considerados centrais dominaram (e dominam) os processos inovativos e os produtos daí derivados. Há uma simbiose entre Estados e capital, “que aumenta a capacidade recíproca de consolidar e reproduzir sua associação a atividades mais típicas do núcleo orgânico” (ARRIGHI, 1997, p. 157). Para os propósitos desse artigo, essa caracterização é pertinente, na medida em que é possível o estabelecimento de uma correlação entre desenvolvimento científico e tecnológico, aqui manifestado pelas inovações de produtos e processos no estudo de caso que será apresentado, e a posição dos Estados no sistema interestatal. Dizendo de uma outra forma, os Estados que hoje estão nas posições centrais (mais desenvolvidos), não por coincidência são aqueles que internalizaram e produziram as inovações, ao longo do tempo, através de suas respectivas empresas nacionais.

Arrighi (1997), parafraseando Schumpeter, chama a atenção para o fato de que as inovações, não apenas se concentram no *tempo*, mas também tendem a se concentrar *no espaço*. Ou seja, determinados lugares acabam concentrando as atividades consideradas “cerebrais” do capital corporativo, sendo estes as zonas centrais da economia-mundo capitalista. Outros lugares, no entanto, concentram atividades de “músculos e nervos”, configurando-se como países periféricos; cabendo à zona intermediária (a semiperiferia) uma combinação mais ou menos igual de atividades com essas duas características. Como destacado por esse autor, “a distinção relevante se dá entre atividades que envolvem tomadas de decisão estratégicas, controle e administração, pesquisa e desenvolvimento, por um lado, e atividades de pura execução, por outro” (ARRIGHI, 1997, p. 187). Assim, o propósito aqui é fornecer uma radiografia da geografia da produção e da ciência, tecnologia e inovação em torno das baterias de íon-lítio, que parece estar se deslocando do Ocidente (EUA e Europa) para o Leste Asiático (Japão, Coreia do Sul e China), seguindo o movimento maior de transferência dos processos de acumulação do capital para aquela região, em curso nas últimas décadas (Arrighi, 1997; Arrighi, 2008).

Em outras palavras, o estudo do registro das patentes de baterias de íon-lítio, fundamentais no momento para a mudança na indústria automobilística global em direção à eletromobilidade, é aqui utilizado como exemplificação do empoderamento da região do Leste Asiático e sua centralidade cada vez maior na economia-mundo capitalista. Portanto, o comando sobre as mais recentes inovações em uma indústria arquetípica do século XX (automobilística) pode ser encarado como um indicador de posicionamento dos Estados no sistema interestatal no modelo centro – semiperiferia – periferia, tendo em vista a relevância crescente de empresas nacionais do Japão, da Coreia do Sul e da China em relação às dos Estados Unidos e Europa.

AS BATERIAS PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS E O SPILLOVER TECNOLÓGICO

O ressurgimento do veículo elétrico e o avanço da eletromobilidade estão diretamente ligados à evolução tecnológica da composição das baterias. Os principais desafios tecnológicos a serem vencidos em relação às baterias EV são a alta confiabilidade, alto desempenho, alta densidade energética, tempo de recarga reduzido, ciclo de vida elevado, peso e volume reduzidos, custo razoável, e segurança, bem como a não agressividade ao meio ambiente, na medida em que o descarte da bateria ainda representa certo entrave do ponto de vista ambiental (ROSOLEM et al, 2012).

Na atualidade, o que há de mais avançado e o que tem sido mais utilizado são as baterias de íon-lítio (LIB). O lítio é um metal leve com elevado potencial eletroquímico e um dos metais com maior intensidade energética, características muito atrativas para utilização em sistemas de armazenamento de energia (ROSOLEM et al, 2012). Este tipo de bateria apresenta elevadas densidades de potência e energia, e vem sendo utilizado, além dos veículos elétricos, em celulares, tablets, laptops, utensílios elétricos de uso doméstico, dispositivos médicos, além de sistemas de armazenamento de energia (solar, eólica etc.) e até satélites (KVA, 2019).

Em relação às perspectivas de tecnologia dominante para a década de 2020, de acordo com a IEA (2020), as baterias de íon-lítio dominarão o mercado de EV por três razões. Em primeiro lugar, esta tecnologia está bem estabelecida, o que significa a existência de experiência considerável para sua

fabricação em grande escala, bem como a sólida compreensão de suas características de durabilidade de longo prazo. Em segundo lugar, os grandes investimentos em manufatura e cadeias de abastecimento de íon-lítio que foram feitos até o momento constituem uma barreira à entrada de tecnologias alternativas. Terceiro, as tecnologias alternativas ainda estão em níveis mais baixos de preparação de tecnologia (TRLs, *Technology Readiness Levels*); nenhum ainda foi aplicado em condições de vida real de veículos comerciais (IEA, 2020).

Mesmo quando uma nova tecnologia atinge um nível de maturidade tecnológica, tornando-a potencialmente disponível, haverá um atraso considerável antes que comece a penetrar no mercado. Isso ocorre porque testes extensivos em condições reais são necessários, e mesmo se e quando o teste demonstrar melhorias substanciais junto com as principais métricas (por exemplo, custo, densidade de energia, durabilidade, segurança), uma nova capacidade de produção terá de ser instalada (IEA, 2020).

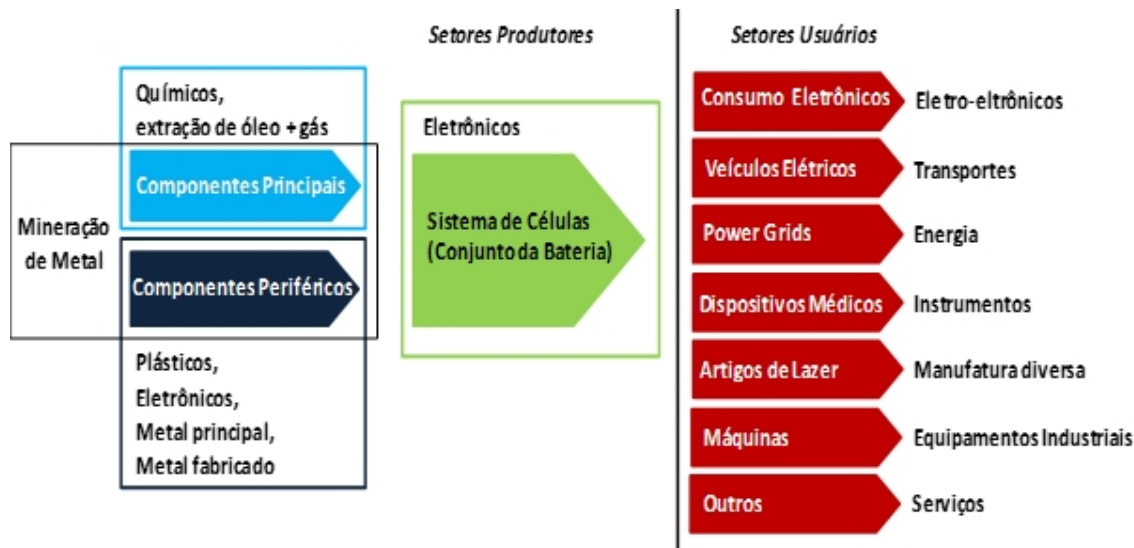
Embora a tecnologia de íon-lítio tenha feito um enorme progresso na última década em termos de densidade de energia, custos e ciclo de vida, ainda há espaço para melhorias. As pesquisas estão sendo conduzidas para melhorar todos os três componentes principais das células de LIB: cátodos, ânodos e eletrólitos. Além disso, desenvolvimentos recentes em design de bateria e gerenciamento térmico visam principalmente cortar os custos dos componentes do módulo. Dois exemplos são os *cell-to-pack* da Contemporary Amperex Technology Co. Limited's (CATL) e o "*Blade Battery*" da Build Your Dreams (BYD) que visam remover os componentes do módulo intermediário, reduzindo assim os custos do conjunto e aumentando a densidade de energia em até 20% (CATL, 2019; BYD, 2020).

Nos últimos anos o preço médio dos conjuntos de baterias de íon-lítio para EVs vem registrando quedas significativas. Isto pode ser explicado por vários fatores como: a crescente capacidade de oferta global, o crescimento nos volumes de pedidos dos principais fabricantes automotivos, o aumento da densidade de energia, bem como a introdução de novas células e designs de conjuntos das baterias (BNEF, 2021). De acordo com cálculos realizados pela BNEF (2021), os preços das baterias LIBs podem cair abaixo de USD/KWh 100 em 2024 e atingir USD/KWh 58 em 2030. Isto é consistente com o conceito de taxa de aprendizagem, que vincula a taxa de queda de preços ao volume de baterias implantadas no mercado. O estudo chegou a uma taxa de aprendizado de 18% (custo redução para cada duplicação da capacidade da bateria), e utilizou-a para a curva de tendência nos preços. Em 2035, as baterias de íon-lítio poderão atingir um preço médio ponderado por volume de USD/KWh 45. No entanto, isso exigirá substituição de material e mais avanços tecnológicos (BNEF, 2021).

Apesar das preocupações em torno do rendimento das baterias, alguns EVs podem não ser necessariamente projetados para as mais altas densidades de energia possíveis. Este pode ser o caso dos ônibus urbanos ou de veículos de entrega (LCV), onde as restrições volumétricas são menos rigorosas. Outro motivo é diminuir o preço de carros elétricos em mercados onde a acessibilidade é mais importante do que as longas distâncias (IEA, 2020). Para essas aplicações, a tecnologia de cátodo LFP é muito adequada devido à grande disponibilidade de seus materiais precursores (incluindo o fato de não usar cobalto) e seu longo ciclo de vida. O recente anúncio da parceria Tesla com a CATL para adotar cátodos LFP, assim como a tecnologia *cell-to-pack* nos seus carros produzidos na China vão nessa direção (REUTERS, 2020).

Conforme abordado até aqui, as LIBs são utilizadas em diversos produtos, desempenhando um papel crucial nos setores de eletrônicos, energia e transportes. A tecnologia das LIBs consiste em vários componentes e subsistemas, pelo qual diferentes setores estão envolvidos na cadeia de valor, tanto de produção como de uso (STEPHAN et al, 2017). A Figura 1 nos traz de forma visual este transbordamento de conhecimento tecnológico entre as áreas. Ela ilustra a configuração setorial nas LIBs, indicando a complexidade e difusão tecnológica nos setores produtores e usuários.

Figura 1 – Cadeia de valor tecnológico e configuração setorial da LIB



Fonte: STEPHAN et al (2017)

Os componentes principais habilitam as principais funções da bateria: as reações eletroquímicas que convertem energia elétrica em química (carregamento) e vice-versa (descarregamento). Células individuais montam os componentes principais - aprimorados por meio de componentes periféricos (fiação, revestimento, sistema de resfriamento, equilíbrio do sistema) - e podem ser empilhados em um sistema de células (conjunto de bateria). Esses diferentes subsistemas e aplicações requerem diferentes processos de produção e conhecimentos específicos, fornecidos por diferentes setores. Por exemplo, as matérias-primas do setor de mineração são processadas em componentes principais e periféricos pelos setores químico, metalúrgico e elétrico-eletrônico. Por fim o setor elétrico-eletrônico reúne os componentes na célula, que pode ser integrada em vários sistemas técnicos maiores, como em aplicativos móveis (EVs, laptops, tablets, celulares) ou aplicações estacionárias (integração de energias renováveis intermitentes em redes de eletricidade).

A configuração setorial da LIB consiste, portanto, em muitos e diferentes setores. Seus conhecimentos e práticas (de processo) se diferem substancialmente, uma vez que são baseados em diferentes disciplinas científicas (STEPHAN et al, 2017). Nota-se que a dinâmica do setor individual impacta diretamente os processos de inovação das baterias. Os dispositivos eletrônicos foram os pioneiros no uso de LIBs, o que tornou possível a popularização e alto consumo de celulares, tablets e laptops. A partir desta tecnologia embarcada nas LIBs, o transbordamento tecnológico para a Indústria Automotiva, por meio dos EVs, ocorre de forma intuitiva e automática. Essa dinâmica de mercado em novos setores aumentou substancialmente o desenvolvimento de processos inovativos, acompanhados por mudanças na organização das atividades produtivas nas cadeias de valor, como por exemplo, a formação de *joint ventures* ou esforços de integração vertical (STEPHAN et al, 2017).

DADOS DE PATENTES RELACIONADAS ÀS BATERIAS DE ÍON-LÍTO

A partir de dados extraídos junto a plataforma *Derwent Innovation* (2021), esta seção tem a intenção de analisar o mercado de patentes relacionados as baterias de íon-lítio desde 1990,

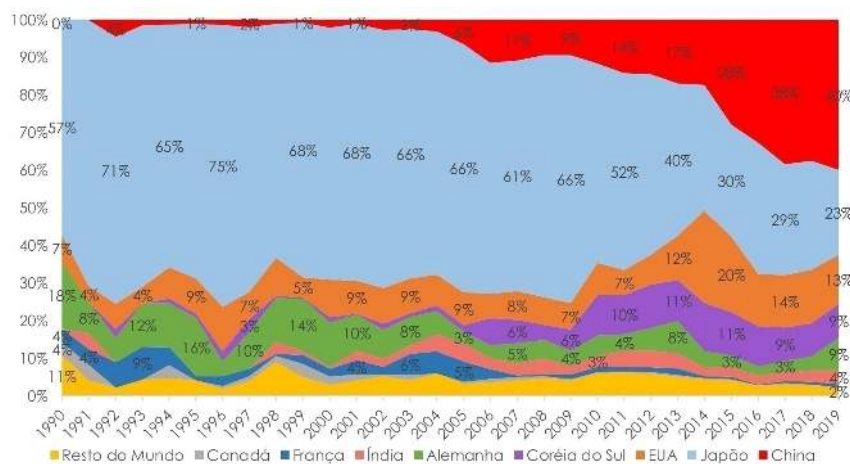
especificamente para veículos elétricos. Cabe ressaltar que já na década de 1990 as baterias de íon-lítio (LIB) eram o que havia de mais avançado, tanto para veículos como para dispositivos eletroeletrônicos (ROSOLEM et al, 2012).

No ano de 1990 foram 28 documentos de patentes relacionadas a baterias de íon-lítio para veículos elétricos (LIB-EV, *Lithium-Ion Battery for Electric Vehicles*), pelas quais 16 estavam no Japão. Passados 9 anos, o volume de patentes documentadas cresce 992,9%, saltando para 306 documentos em 1999. Ao longo da década de 1990 foram 1.153 patentes LIB-EV documentadas, tendo o Japão como líder com 771 documentos, representando 68,0% do total. Em seguida aparecem Alemanha, EUA e França, com 11,2%, 7,8% e 2,7% de participação, respectivamente. Entre as marcas, as tradicionais japonesas do setor Automotivo dominaram o mercado de patentes LIBs para EVs, com a Toyota liderando com 117 documentos, seguida por Nissan, Honda, Mitsubishi e Yamaha. O destaque, entretanto, é a forte participação de fabricantes relacionados ao setor da Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC), como as japonesas Hitachi, Panasonic, NGK, Sumitomo, Sony, Toshiba, Fujitsu e TDK. Na análise setorial, as empresas relacionadas as TICs representaram 23,4% de participação nas patentes LIB-EV nos anos 1990, atrás apenas do setor Automotivo, com 72,8% (DERWENT, 2021). Em todas as análises setoriais relacionadas aos documentos de patentes LIBs, foram considerados os 50 maiores fabricantes em termos de volume de documentos no período total, entre 1990 e 2019.

Na década de 2000 o volume total de documentos de patentes LIB-EV chegou a 8.015 – crescimento de 595,1% em relação a década anterior. O Japão permaneceu como o maior depositante com 65,1% de participação, seguido por EUA (7,8%), China (7,3%) e Alemanha (5,6%). O movimento crescente na quantidade de documentos ocorre sobretudo após 2005, onde o número salta de 545 para 1.905 em 2009, crescimento de 249,5%. No que se refere aos fabricantes, as tradicionais do setor Automotivo Renault, Denso, Daimler, GM, Bosh, Subaru, Stellantis e Ford ganham destaque no mercado de patentes LIB-EV, somadas ainda a então emergente coreana Hyundai. A participação do setor TIC chega a 29,4% em 2006, mas encerra a década de 2000 com 21,8%, inferior ao número observado na década de 1990. Outras marcas importantes no setor de TIC passam a figurar, como LG Chem, GS Yuasa, NEC, Samsung, General Electric e Omron, além de outras do setor de Produtos Químicos, como Showa Denko e Asahi Kasei, (DERWENT, 2021).

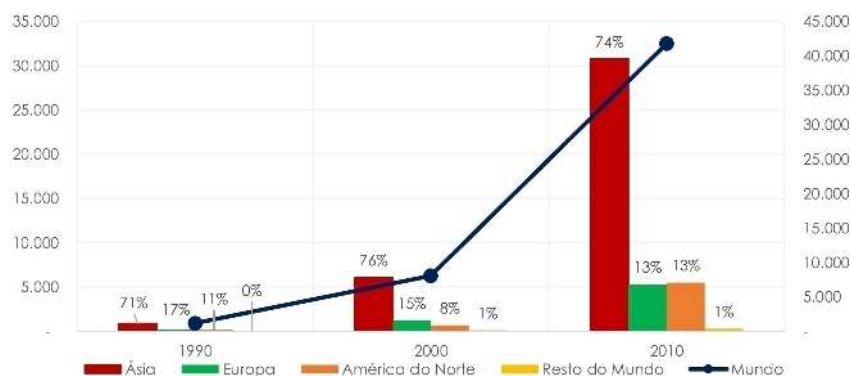
Por fim, os dados observados dos anos 2010 nos revelam um crescimento de 421,1% em relação a década anterior, alcançando um total de 41.769 documentos de patentes LIB-EV. A soma dos volumes de 2018 e 2019 (11.607) é superior a todo o volume documentado ao longo dos vinte anos das décadas de 1990 e 2000 (9.168). Entre os principais países, o Japão documentou 35,4% de participação, seguido por China, EUA e Coreia do Sul, com 27,0%, 13,7% e 10,3%, respectivamente. Ao longo da década de 2010, 73,7% das patentes LIB-EV foram documentadas na Ásia. Importante destacar o crescimento significativo nos documentos chineses, que passam a superar a participação japonesa a partir do ano de 2017. Apenas em 2019 foram documentadas na China 2.438 patentes LIB-EV. Já entre os fabricantes do setor Automotivo, passam a se destacar algumas já tradicionais como Porsche, BMW e Suzuki, e outras emergentes chinesas como BYD e BAIC. O setor de TIC expande sua participação no mercado de patentes LIB-EV, alcançando 36,4% de todos os registros na década de 2010, com queda da participação do Automotivo de 73,8% para 58,8% entre os anos 2000 e 2010. As marcas do setor TIC que passam a ganhar destaque são Murata, SEL e CATL, além da SK Innovation, oriunda do setor de Energia, (DERWENT, 2021). No Gráfico 1 fica evidente a hegemonia japonesa, com uma participação relevante de Alemanha e EUA até 2005, e depois a Coreia do Sul e China passam a figurar no mercado de patentes, com este último país assumindo a liderança após 2017.

Gráfico 1 – Participação no volume de documentos de patentes relacionados às baterias de íon-lítio para veículos elétricos – por países



Fonte: DERWENT, 2021

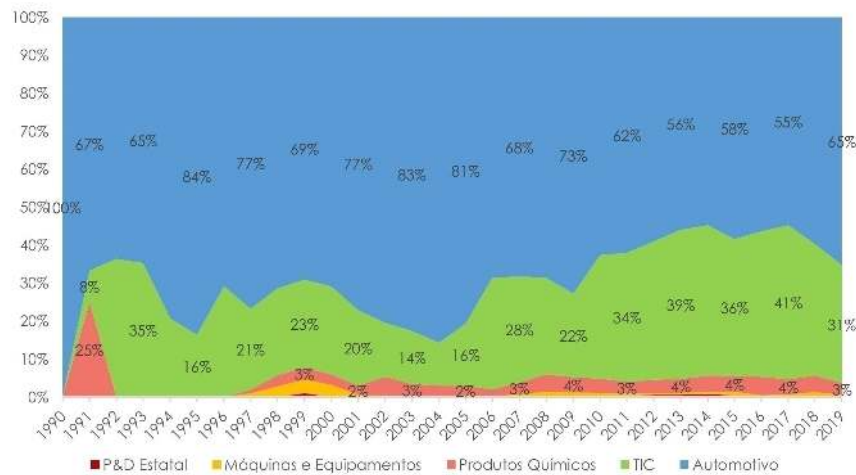
Gráfico 2 – Volume de documentos de patentes relacionadas à LIB-EV



Fonte: DERWENT, 2021

O Gráfico 2 mostra o crescimento no volume de documentos no mundo, bem como a distribuição entre os continentes, sendo que a Ásia respondeu em 2010 por 74% das patentes LIB documentadas no mundo. Já a análise setorial dos documentos de patentes LIB-EV pode ser observada no Gráfico 3. Entre os 50 maiores depositantes, 100% pertenciam ao setor Automotivo no ano de 1990. A partir de então, o setor de TIC passa a avançar nas pesquisas, alcançando 41% de participação nas patentes LIB-EV em 2017. Fica claro o movimento de inserção de fabricantes do setor de TICs na Indústria Automotiva moderna.

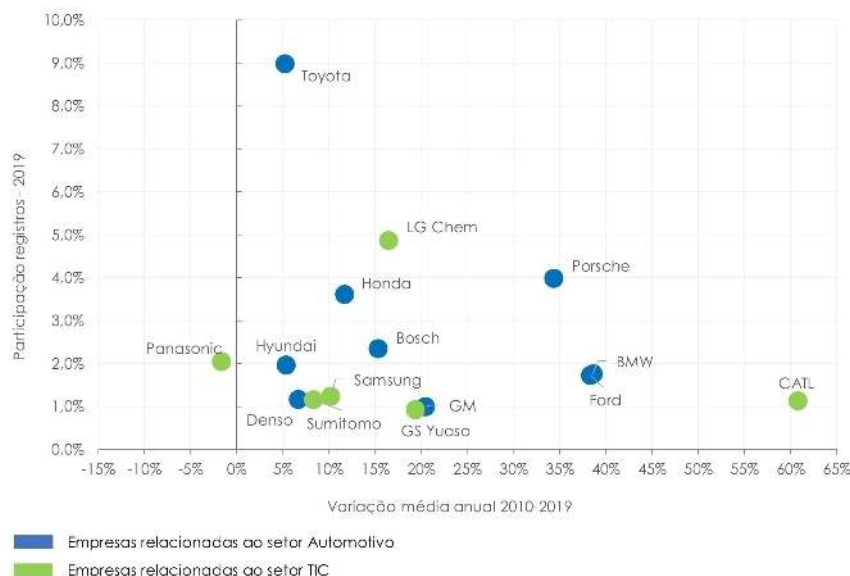
Gráfico 3– Participação setorial dos top 50 que mais documentaram patentes de baterias íon-lítio para veículos elétricos



Fonte: DERWENT, 2021

A análise ilustrada no Gráfico 4 nos mostra a participação dos 15 maiores depositantes de patentes LIB-EV em 2019 e suas respectivas variações médias anuais entre 2010 e 2019. A Toyota liderou em 2019 com 9% de participação, no entanto o seu crescimento médio anual nos últimos 10 anos é de apenas 5,2%. Em seguida temos a LG Chem com 4,9% de participação e expansão anual média de 16,5% para os mesmo períodos. Já a CATL teve apenas 1,1% de participação em 2019, mas com crescimento médio de 60,8% na última década. No Gráfico 5 temos o *ranking* com os 20 maiores depositantes de patentes LIB-EV entre 1990 e 2019, no qual a Toyota liderou com mais 6 mil documentos. O destaque é para a presença de sete marcas do setor de TIC entre as 20 maiores

Gráfico 4 – Top 15 fabricantes que mais documentaram patentes de baterias íon-lítio para veículos elétricos – 2019



Fonte: DERWENT, 2021

Gráfico 5 – Top 20 fabricantes que mais documentaram patentes relacionadas à LIB-EV – volume total entre 1990-2019



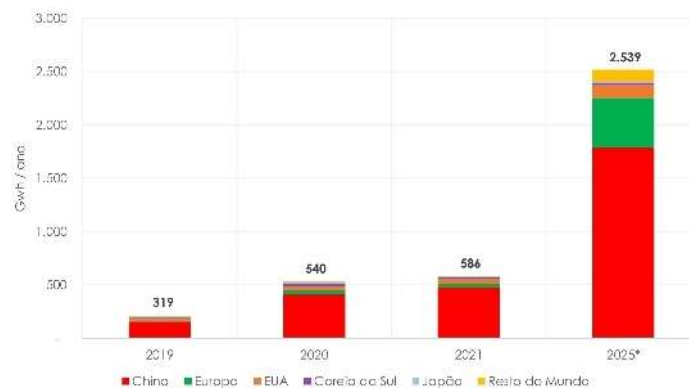
Fonte: DERWENT, 2021

O MERCADO DE BATERÍAS ÍON-LÍTIO

Esta seção busca fazer uma breve análise do mercado global de LIBs para veículos , apresentando uma leitura acerca dos dados relacionados à distribuição geográfica da produção, bem como do *market share* e dos recentes anúncios de investimentos e parcerias entre as marcas.

Em 2020 a produção de baterias de íon-lítio EV foi de 160 Gigawatts-hora/ano, que representou um aumento de 36,8% em relação a 2019 (117 GWh/ano), o suficiente para carregar 3,3 milhões de BEVs, (MCKINSEY, 2020). No que se refere a capacidade de produção, atualmente o mercado de LIB-EV está fortemente concentrado no leste da Ásia, com cerca de 85% de participação global, distribuídos entre: China (76%), Coreia do Sul (5%) e Japão (4%) (SNE, 2021).

Gráfico 6– Capacidade de produção de LIB-EV por localização das fábricas



Fonte: BloombergNEF (2021)

*Dados estimados

A partir de dados da BNEF (2021), é possível observar no Gráfico 6 a evolução da capacidade de produção de baterias de íons de lítio para EVs, de acordo com a localização das fábricas. Em 2021 a capacidade total chegou a 586 GWh/ano, que representou um aumento de 83,7% em relação a 2019. Para 2025, as estimativas são de que a capacidade global mais do que quadruplicará, para 2.539 GWh/ano. Importante destacar o crescimento de 368,9% da capacidade produtiva da Europa, entre 2019-2021. A maior parte das novas instalações está sendo direcionadas aos países europeus, com companhias visando atender à crescente demanda da região (MCKINSEY, 2020). Atualmente as principais fábricas de baterias EV da Europa estão localizadas na Polônia e Hungria (IEA, 2021). A estimativa é que a participação de capacidade europeia deverá crescer de apenas 6% em 2021 para cerca de 18% em 2025 (BNEF, 2021).

Entre as marcas, segundo dados da SNE 2021, a coreana LG Chem assumiu a liderança na participação de mercado de baterias EV em 2020, com 24,6% ante 10,4% registrados em 2019. No Gráfico 8 é possível ainda observar a chinesa CATL em segundo lugar, com 23,5% de participação, seguida pela japonesa Panasonic, com 20,4% (SNE, 2021). Importante destacar que o mercado de baterias para veículos elétricos é dominado por empresas oriundas do setor de produtos eletrônicos, onde juntos representam 51,0% do total (LG Chem, Panasonic e Samsung). As fabricantes BYD, SK Innovation, CALB e Gouxan tem sua origem relacionadas ao setor de energia, sendo que a BYD passou a produzir ônibus elétrico a partir de 2008. Já as marcas AESC^{iv} e PEVE^v representam *joint ventures* entre empresas do setor Automotivo com TIC.

No geral, as *joint ventures* estão se tornando um modelo de colaboração popular na indústria de baterias, com um crescente número de parcerias anunciadas em 2019. Esta tendência reflete principalmente o fato de que as *joint ventures* permitem que fabricantes de automóveis sustentem capacidade suficiente para alcançar suas metas ambiciosas de vendas e produção. Em 2020 foi anunciado a *joint venture* entre a japonesa Toyota e a chinesa BYD, para P&D de EVs e baterias. A nova empresa, BYD Toyota EV Technology, funcionará na China (CARRO ELÉTRICO, 2020). Outro anúncio foi da *joint venture* entre Volkswagen e Bosch para produção de célula de bateria na Europa. As empresas buscam liderança em custo e tecnologia na industrialização de baterias (AUTOMOTIVE

BUSINESS, 2022). A fabricante Stellantis também anunciou em 2021 duas *joint ventures* com as coreanas LG Chem e Samsung. As duas parcerias visam a produção de baterias na América do Norte, mas ainda sem indicação de localização das plantas (ELECTRIVE.COM, 2021). Algumas montadoras também preferem estratégias de *multisourcing* envolvendo uma série de fabricantes de celulares. É o caso da Tesla, que dependia exclusivamente de células da Panasonic, e assinou em 2019 novos contratos com a CATL e LG Chem para o mercado chinês (MCKINSEY, 2020).

O LOCK-IN TECNOLÓGICO DAS BATERIAS DE ÍON LÍTIO: DO CARBONO LOCK-IN AO LÍTIO LOCK-IN?

Conforme já abordado, as baterias de íon de lítio têm sido a principal escolha para soluções de armazenamento de energia móvel, devido ao seu longo ciclo de vida útil e alta densidade de energia e potência, em comparação com os outros sistemas de baterias (ETACHERI et al, 2011). Utilizada inicialmente em dispositivos eletrônicos, seu uso expandiu-se para o setor automotivo, bem como o de armazenamento de energia de fontes renováveis, como energia solar e eólica. Pode-se dizer que a comercialização em massa de veículos elétricos dependerá do sucesso em P&D relacionadas a uma nova geração de LIBs, com melhorias nos indicadores de desempenho (densidade de energia e custo) que atendam às qualificações necessárias para que os EVs sejam aceitos pelos consumidores (HU et al, 2016).

Em estudo publicado pelo *Journal of Cleaner Production*, Aaldering et al (2019), analisaram uma base de dados de patentes relacionadas a baterias de íon-lítio, com vistas a obter uma visão inclusiva sobre o caminho contínuo do desenvolvimento tecnológico inserido nas pesquisas, bem como prever seu potencial de desenvolvimento futuro. Para tanto, o estudo utilizou dois algoritmos de aprendizado de máquinas: análise de componentes principais (PCA^{vi}) e classificador *random forest* (RFC^{vii}). O PCA oferece uma visão mais condensada sobre a composição dos estoques de conhecimento dentro dos dados de patentes, enquanto o RFC permite a previsão de potenciais desenvolvimentos evolutivos para cada componente de conhecimento identificado.

O estudo ainda revelou um padrão relacionado a eletrodos e outros componentes principais de células de bateria, como sendo o foco principal da atividade inventiva, que foi consistentemente ao longo do tempo e levou à formação de estoques de conhecimento relacionados. Observou-se que, entre 2010 e 2017, o processo de conhecimento tornou-se mais interdisciplinar. Diferentes setores interagem uns com os outros para compartilhar um conhecimento de base comum. A crescente aplicabilidade das LIBs junto aos EVs está sendo demonstrada pela presença de TKS convergente, que ganhou mais importância na última década com o desenvolvimento de baterias por setores ligados ao setor de eletrônicos em conjunto com fabricantes de automóveis (AALDERING et al, 2019).

Foi também identificado no estudo de Aaldering et al (2019), que pesquisas relacionadas ao sistema de gerenciamento de bateria (BMS) são bastante presentes nos dados de patentes LIBs. O BMS oferece vários benefícios – por meio do desenvolvimento de algoritmos mais precisos para monitorar o *status* das baterias – pois pode garantir ciclo de vida otimizado da bateria, desempenho e confiabilidade, bem como custos de manutenção reduzidos e riscos de segurança (RAHIMI-EICHI et al, 2013). A necessidade de um BMS inteligente é vital no estabelecimento da mobilidade elétrica, uma vez que o progresso na química e materiais por si só não podem garantir uma integração suave de LIBs (AALDERING et al, 2019).

Por fim, os resultados do estudo sugerem que os LIBs são a tecnologia de referência e que continuarão a dominar o mercado de armazenamento de energia, uma vez que se beneficia da crescente penetração e capacidades de recombinação de conhecimento para automóveis e aplicação estacionária de armazenamento de energia (AALDERING et al, 2019).

O novo modelo que se apresenta no setor automotivo tem na eficiência energética, determinada pela agenda ambiental, a sua força motriz. A busca por tecnologias menos poluentes é parte das principais tendências disruptivas da eletromobidade. É neste ambiente que as baterias de íon-lítio surgem como uma nova tecnologia, onde uma nova trajetória está sendo constituída de modo a transformá-la na tecnologia dominante do setor Automotivo para as próximas décadas. O rompimento com o *carbon lock-in* jamais esteve tão próximo da economia industrial e um novo paradigma se

apresenta. Um novo paradigma tecnológico das baterias de íon-lítio, da eletromobilidade, dos metais leves e da sustentabilidade.

Além das evidências que apontam esta transição do ICE para a eletromobilidade, que aparecem a partir dos anúncios de descontinuidade do motor a combustão por parte da Indústria Automotiva, corroborado pelo avanço de políticas públicas, é possível também observar este movimento através dos dados patentes. Identificamos na pesquisa que o crescimento do volume de documentos LIB-EV é superior ao crescimento das patentes ICE, no período entre 1990 e 2019. Enquanto os documentos de patentes ICE tiveram variação média anual de 9,8%, os documentos de LIB-EV expandiram em média 20,7% nos 30 anos analisados. Isto nos mostra que o movimento crescente em pesquisas direcionadas a inovação das baterias de íon-lítio é mais que o dobro da taxa de expansão do processo inovativo do motor a combustão.

Segundo dados do *Mineral Commodity Summaries 2021*, publicado pela USGS, os mercados globais de uso final do lítio são estimados da seguinte forma: baterias, 71%; cerâmica e vidro, 14%; graxas lubrificantes, 4% e outros usos 10%. Cinco operações minerais na Austrália, duas operações de salmoura na Argentina e no Chile, e duas operações de salmoura e uma mineral na China foram responsável pela maior parte da produção mundial de lítio – total de 10 operações. Ainda segundo o documento, devido à superprodução e à diminuição preços, várias operações de lítio estabelecidas adiaram os planos de expansão de capacidade. A segurança do fornecimento de lítio tornou-se uma prioridade para empresas de tecnologia nos Estados Unidos e na Ásia. Alianças estratégicas e *joint ventures* entre empresas de tecnologia e empresas de exploração continuam a ser estabelecidas para garantir um fornecimento confiável e diversificado de lítio para fornecedores de baterias e fabricantes de veículos (USGS, 2021).

QUEBRA

QUEBRA

QUEBRA

QUEBRA

QUEBRA

QUEBRA

Tabela 1 – Reservas e produção de Lítio no mundo (toneladas métricas) – países selecionados

Países	Reservas	Part. (%) Reservas	Produção 2019	Part. (%) Produção
Bolívia	21.000.000	24,4%	-	0,0%
Argentina	19.300.000	22,4%	6.300	7,3%
Chile	9.600.000	11,2%	19.300	22,4%
EUA	7.900.000	9,2%	ND*	ND*
Austrália	6.400.000	7,4%	45.000	52,3%
China	5.100.000	5,9%	10.800	12,5%
Congo	3.000.000	3,5%	-	0,0%
Canadá	2.900.000	3,4%	200	0,2%
Alemanha	2.700.000	3,1%	-	0,0%
México	1.700.000	2,0%	-	0,0%
Peru	880.000	1,0%	-	0,0%
Zimbábue	500.000	0,6%	1.200	1,4%
Brasil	470.000	0,5%	2.400	2,8%
Portugal	270.000	0,3%	900	1,0%
Resto do mundo	4.280.000	5,0%	-	0,0%
Mundo	86.000.000		86.100	

Fonte: USGS (2021)

* Dados não disponibilizados pela única operação dos EUA, em Nevada.

A Tabela 1 nos traz o mercado global de lítio, com a distribuição de suas reservas e da produção entre os países. Em 2019 foram produzidos cerca de 86,1 mil toneladas métricas de lítio, cujo maior produtor foi a Austrália com 52,3% de participação total, seguido pelo Chile, com cerca de 22,4%. Estima-se que existam no mundo cerca de 86 milhões de toneladas de lítio disponíveis na natureza. Os dados mais recentes indicam que a Bolívia detém em torno de 24,4% do total de lítio no planeta, seguida pela Argentina e Chile, com 22,4% e 11,2%, respectivamente. Quase 60% de toda a reserva global de lítio estão na América do Sul (USGS, 2021). E aqui é que fica evidenciada a diferença entre a disponibilidade de um dado recurso natural no território e o controle dos produtos manufaturados dele decorrentes, porque os países sul-americanos são incapazes de produzir com empresas nacionais as baterias de lítio, controladas por países com menor ou mesmo nenhuma participação na fonte da matéria-prima dessa tecnologia. Em outras palavras, os países citados participam de forma periférica da cadeia de valor das baterias de lítio, apenas como fornecedores da matéria-prima^{viii}.

O rompimento com o *carbon lock-in* que está se desenhando, deve levar a uma nova configuração geopolítica, com uma eventual redistribuição de forças políticas e econômicas no tabuleiro global. Assim como o petróleo trouxe relevância estratégica a países com grandes reservas – sobretudo no Oriente Médio e Venezuela – os minerais leves podem ser uma janela de oportunidade para o melhor posicionamento de seus detentores no mercado global energético. Em relação ao lítio, Bolívia e Argentina se destacam, e devem direcionar investimentos para o aumento de suas produções, que somadas hoje respondem por apenas 7,3% de participação, enquanto as suas reservas juntas chegam a 46,9% do total mundial. O níquel já vem sendo bastante explorado na Indonésia, e pode ser um oportunidade para o Brasil com 17% de reservas e apenas 2,3% de produção. Mesmo assim permanece a questão crítica, para esses países detentores das reservas de lítio e outros minerais leves, de por enquanto participarem apenas como fornecedores primários na cadeia produtiva das baterias de íon-lítio, porque não conseguiram desenvolver capacidades científicas e tecnológicas e mesmo empresas próprias, no âmbito de indústria automobilística, que pudessem internalizar a produção no âmbito desse novo paradigma da eletromobilidade. O contraste com os países do Leste Asiático, que estão em posições centrais nos avanços tecnológicos e produtivos, superando mesmo as economias ocidentais, não poderia ser mais explícito.

Em síntese, o estudo de caso aqui apresentado exemplifica o movimento dos Estados do Leste Asiático para alcançar a posição central no sistema. Arrighi (1997) destaca as estratégias dos Estados semiperiféricos para alcançar o centro, classificando-as de lutas contra exclusão e lutas contra a exploração^{ix}. No caso em questão, os países da região agiram nas duas direções. Lutando contra a exploração, incumbiram-se “de uma ampla gama de atividades, independente de vantagem comparativa” (ARRIGHI, 1997, p. 219). Foi assim que desenvolveram suas respectivas indústrias automotivas nacionais, e conseguiram lograr êxito na competição internacional do setor. O estudo de caso aqui apresentado, das baterias de íon-lítio, é uma expressão disso. Com o desenvolvimento científico e tecnológico, conseguiram modificar suas posições estruturais na economia-mundo capitalista^x, já que, como salientado por Wallerstein (2011),

“el proceso de desarrollo de una economía-mundo trae consigo adelantos tecnológicos que hacen posible la expansión de sus márgenes. En este caso, regiones particulares del mundo pueden cambiar su papel estructural en la economía-mundo em beneficio propio” (p. 493).

Os países da América Latina, por outro lado, não internalizaram etapas mais rentáveis das cadeias globais de valor^{xi}, e vários deles vem enfrentando processos de desindustrialização (Palma, 2019; Ouriques, 2024), limitando-se a ser apenas fornecedores de matéria-prima (no caso em questão, o lítio), o que também é expressão da posição subalterna no sistema interestatal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados apresentados nesse artigo sugerem uma modificação importante na competição entre empresas e estados no escopo da indústria automotiva mundial, em torno do tema da eletromobilidade. Como demonstrado, os países do Leste Asiático tornaram-se atores cruciais na inovação no setor,

especificamente na produção de baterias de lítio, importantes, nesse momento, para o retorno dos veículos movidos a eletricidade.

A respeito dos dados de patentes, percebe-se uma clara convergência entre as grandes marcas patenteadoras, e as marcas líderes de *market share*. Os países com grandes volumes de patentes são também os maiores fabricantes. Isso é válido tanto para as patentes ICE como para as LIB-EV. O desenvolvimento do capitalismo histórico está ligado à inovação tecnológica e o processo inovativo nunca é um processo aleatório, seguindo determinados padrões de trajetória tecnológica. No caso em tela, chama a atenção o fato de as inovações ligadas à eletromobilidade da indústria automobilística estarem cada vez mais associadas às empresas ligadas às tecnologias da informação e comunicação, que vem ocupando um espaço importante no setor, em cooperação e também em competição com as montadoras de veículos tradicionais.

A respeito das fontes de matérias-primas, utilizadas para a fabricação das LIBs, pontua-se aqui que as maiores reservas dos minerais leves (lítio, níquel e cobalto) estão localizadas, na sua maior parte, em países que não são epicentros dos processos de poder e acumulação de capital mundiais. Em uma palavra, em países periféricos e semiperiféricos, como exemplificado no caso do Lítio, no qual as três principais reservas mundiais estão localizadas na Bolívia, Argentina e Chile que são, no momento, meros fornecedores da matéria-prima em questão e, portanto, incapazes de internalizar os mais rentáveis da cadeia de valor, pois não desenvolveram capacidades de produção autóctone de baterias baseadas nessa matéria-prima. O contraste com os países do Leste Asiático não poderia ser mais gritante, pois Japão, Coreia do Sul e China, como mostrado nesse artigo, desenvolveram capacidades produtivas na cadeia automotiva ao longo do tempo e hoje são líderes na inovação nessa nova etapa dessa indústria, voltada para a eletromobilidade e busca de soluções mais sustentáveis, do ponto de vista ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALDERING, L.; LEKER, J.; SONG C. Analysis of technological knowledge stock and prediction of its future development potential: The case of lithium-ion batteries. 2019. Journal of Cleaner Production 223 (2019) 301e311. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.174>

ARRIGHI, Giovanni. A ilusão do desenvolvimento. Petrópolis, Vozes, 1997.

_____. Adam Smith em Pequim. São Paulo, Boitempo, 2008.

BENKO, Georges. Economia, espaço e globalização na aurora do século XXI. São Paulo, Hucitec, 1996.

BNEF (BloombergNEF). Zeo-Emission Vehicles Factbook. 2021. A special report prepared for COP26.

BYD (2020), BYD's New Blade Battery Set to Redefine EV Safety Standards. Disponível em:

www.byd.com/en/news/2020-03-30/BYD%27s-New-Blade-Battery-Set-to-Redefine-EV-Safety-Standards

CATL (Contemporary Amperex Technology Co. Limited). CATL to Drive New Wave of e-Mobility with Next-Generation Electric Vehicle Battery Technology. 2019. Disponível em: www.prnewswire.com/news-releases/catl-to-drive-new-wave-of-e-mobility-with-next-generation-electric-vehicle-battery-technology-300915309.html. Acesso em: 18/07/2021

DERWERNT INNOVATION. IP Intelligence/Patent Intelligence Software. Clarivate Analytics. Endereço: www.derwentinnovation.com, 2021.

ETACHERI, V.; MAROM, R.; ELAZARI, R.; SALITRA, G.; AURBACH, D. Challenges in the development of advanced Li-ion batteries: a review. In: Energy & Environmental Science, 4, 2011, p. 3243-3263.

GEREFFI, Gary. Global Value Chains and Development: redefining the contours of 21st century capitalism. Cambridge, Cambridge University Press, 2018.

GEREFFI, Gary & KORZENIEWICZ, Miguel (eds). *Commodity chains and global capitalism*. Westport (Connecticut), Praeger, 1994.

HARVEY, David. *A condição pós-moderna*. São Paulo, Loyola, 1993.

_____. *Os limites do capital*. São Paulo, Boitempo, 2013.

HU, J.; MORAIS, H.; SOUSA, T.; LIND, M. Electric vehicle fleet management in smart grids: a review of services, optimization and control aspects. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, April 2016, p. 1207-1226.

IEA, International Energy Agency. *Global EV Outlook*. 2020.

KARATASLI, Sahan S. The Capitalist World-economy in the Longue Durée: changing modes of the global distribution of wealth, 1500-2008. *Sociology of Development*, Vol. 3, number 2, 2017, pp. 163-196.

KVA (Kung. Vetenskaps Akademien. Press Release. The Nobel Prize in Chemistry 2019. 2019, Disponíveis em <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/press-release/>. Acesso em 23.01.2022.

LEE, Neil. Psychology and the Geography of Innovation. In: *Economic Geography*, 93:2, March 2017, pp. 106-130.

LIPIETZ, Alain. *O capital e seu espaço*. São Paulo, Editora Nobel, 1988.

MCKINSEY & Company. *Electric Vehicle Index: Europe cushions a global plunge in EV sales*, July 2020.

MOULAERT, Frank & SEKIA, Farid. Territorial Innovation Models: a critical survey. In: *Regional Studies*, 37:3, 2010, pp. 289-302.

OURIQUES, Helton R. A América Latina na economia-mundo capitalista no Século XXI: a influência da China e os limites do modelo primário-exportador. *Revista Desarrollo y Espacio*, 3 (1), Enero-Junio, 2024.

PALMA, José G. Desindustrialización, desindustrialización “prematura” y “síndrome holandés”. *El Trimestre Económico*, 86 (4), 2019, pp. 901-966.

PIORE, Michael J. ; SABEL, Charles F. *The second industrial divide: possibilities for prosperity*. New York, Basic Books, 1984.

RAHIMI-EICHI, H.; OJHA, U.; BARONTI, F.; CHOW, M.Y. Battery management system: an overview of its application in the smart grid and electric vehicles. In: *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 7 (2), June 2013, p. 4-16.

REUTERS. Tesla in talks to use CATL's cobalt-free batteries. 2020. In: *China-made cars*, www.reuters.com/article/us-tesla-china-electric-exclusive/exclusive-tesla-in-talks-to-use-catl-cobalt-free-batteries-in-china-made-cars-sources-idUSKBN20C0R

ROSOLEM, M.; BECK, R.; SANTOS, G.; ARIOLI, V. Bateria de lítio-íon: conceitos básicos e potencialidades. *CPqD Tecnologia*, Campinas, v.8, n.2, p.59-72, jul/dez, 2012.

RUVALCABA, Daniel M. The Semiperipheral States in the Twentieth-first Century: measuring the structural position of regional powers and secondary regional states. *International Studies*, 57 (1), 2020, pp. 20-50.

SHIE, Vincent H. & WENG, Chih-Yuan. Destabilizing the Semiperiphery: the counterturn of China's ascendance in the World-Economy. *Perspective on Global Development and Technology*, 10, 2011, pp. 365-385.

SMITH, Neil. *Desenvolvimento desigual*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1988.

SNE Research. 2021. Disponível em http://www.sneresearch.com/_new/eng/sub/sub/sub1/sub1_01.php?sub_cat=2. Acesso em 21.01.2022.

STEPHAN, A., SCHIMIDT, T., BENING, C., HOFFMANN, V. The sectoral configuration of technological innovation systems: Patterns of knowledge development and diffusion in the lithium-ion battery technology in Japan. Elsevier 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2017.01.009>

TUNES, Regina. Geografia da inovação: o debate contemporâneo sobre a relação entre território e inovação. In: Espaço & Economia. Ano V, número 9, 2016.

USGS (U.S. Geological Survey) 2021. Mineral commodity summaries 2021: U.S. Geological Survey, 200 p., <https://doi.org/10.3133/mcs2021>.

YERGIN, Daniel. O petróleo: uma história mundial de conquistas, poder e dinheiro. São Paulo, Paz e Terra, 2010.

WALLERSTEIN, Immanuel. El moderno Sistema mundial. La agricultura capitalista y los Orígenes de la economía-mundo europea em el siglo XVI. México, Siglo Veintiuno Editores, 2011, (segunda edición aumentada, nuevo prólogo).

QUEBRA

QUEBRA

QUEBRA

QUEBRA

QUEBRA

QUEBRA

QUEBRA

QUEBRA

QUEBRA

QUEBRA

ANEXO 1

Lista de especificações dos filtros realizados nas buscas de documentos de patentes ICE; LIB-EV e LIB-E

Grupo / Sub-grupo	Especificação
X16-B01F1	LITHIUM-BASED
X21	ELECTRICAL VEHICLES
B60L	PROPULSION OF ELECTRICALLY-PROPELLED VEHICLES(arrangements or mounting of electrical propulsion units or of plural diverse prime-movers for mutual or common propulsion in vehicles B60K000100, B60K000620; arrangements or mounting of electrical gearing in vehicles B60K001712, B60K001714; preventing wheel slip by reducing power in rail vehicles B61C001508; dynamo-electric machines H02K; control or regulation of electric motors H02P); SUPPLYING ELECTRIC POWER FOR AUXILIARY EQUIPMENT OF ELECTRICALLY-PROPELLED VEHICLES(electric coupling devices combined with mechanical couplings of vehicles B60D000164; electric heating for vehicles B60H000100); ELECTRODYNAMIC BRAKE SYSTEMS FOR VEHICLES IN GENERAL(control or regulation of electricmotors H02P); MAGNETIC SUSPENSION OR LEVITATION FOR VEHICLES; MONITORING OPERATING VARIABLES OF ELECTRICALLY-PROPELLED VEHICLES; ELECTRIC SAFETY DEVICES FOR ELECTRICALLY-PROPELLED VEHICLES
H01M	PROCESSES OR MEANS, e.g. BATTERIES, FOR THE DIRECT CONVERSION OF CHEMICAL ENERGY INTO ELECTRICAL ENERGY
P8	OPTICS, PHOTOGRAPHY, GENERAL
T	COMPUTING AND CONTROL
W	COMMUNICATIONS
H02H	EMERGENCY PROTECTIVE CIRCUIT ARRANGEMENTS(indicating or signalling undesired working conditions G01R, e.g. G01R003100, G08B; locating faults along lines G01R003108; emergency protective devices H01H)
H02J	CIRCUIT ARRANGEMENTS OR SYSTEMS FOR SUPPLYING OR DISTRIBUTING ELECTRIC POWER; SYSTEMS FOR STORING ELECTRIC ENERGY
F	MECHANICAL ENGINEERING; LIGHTING; HEATING; WEAPONS; BLASTING
F01	MACHINES OR ENGINES IN GENERAL; ENGINE PLANTS IN GENERAL; STEAM ENGINES
F02	COMBUSTION ENGINES; HOT-GAS OR COMBUSTION-PRODUCT ENGINE PLANTS
B	PERFORMING OPERATIONS; TRANSPORTING
B60K	ARRANGEMENT OR MOUNTING OF PROPULSION UNITS OR OF TRANSMISSIONS IN VEHICLES; ARRANGEMENT OR MOUNTING OF PLURAL DIVERSE PRIME-MOVERS IN VEHICLES; AUXILIARY DRIVES FOR VEHICLES; INSTRUMENTATION OR DASHBOARDS FOR VEHICLES; ARRANGEMENTS IN CONNECTION WITH COOLING, AIR INTAKE, GAS EXHAUST OR FUEL SUPPLY OF PROPULSION UNITS IN VEHICLES
F01B	MACHINES OR ENGINES, IN GENERAL OR OF POSITIVE-DISPLACEMENT TYPE, e.g. STEAM ENGINES(of rotary-piston or oscillating piston type F01C; of non-positive displacement type F01D; combustion engines F02; internal combustion aspects of reciprocating-piston engines F02B005700, F02B005900; machines for liquids F03, F04; crankshafts, crossheads, connecting-rods F16C; flywheels F16F; gearings for interconverting rotary motion and reciprocating motion in general F16H; pistons, piston-rods, cylinders, for engines in general F16J)
F01C	ROTARY PISTON OR OSCILLATING PISTON MACHINES OR ENGINES(combustion engines F02; internal combustion aspects F02B005300, F02B005500; machines for liquids F03, F04)
F01L	CYCLICALLY OPERATING VALVES FOR MACHINES OR ENGINES
F01M	LUBRICATING OF MACHINES OR ENGINES IN GENERAL; LUBRICATING INTERNAL-COMBUSTION ENGINES; CRANKCASE VENTILATING
F01N	GAS-FLOW SILENCERS OR EXHAUST APPARATUS FOR MACHINES OR ENGINES IN GENERAL; GAS-FLOW SILENCERS OR EXHAUST APPARATUS FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES(arrangements in connection with gas exhaust of propulsion units in vehicles B60K001300; combustion-air intake silencers specially adapted for, or arranged on, internal-combustion engines F02M003500; protecting against, or damping, noise in general G10K001116)
F01P	COOLING OF MACHINES OR ENGINES IN GENERAL; COOLING OF INTERNAL-COMBUSTION ENGINES(arrangements in connection with cooling of propulsion units in vehicles B60K001100; heat transfer, heat exchange or heat storage materials C09K000500; heat-exchange in general, radiators F28)
F02B	INTERNAL-COMBUSTION PISTON ENGINES; COMBUSTION ENGINES IN GENERAL(gas-turbine plants F02C; hot-gas or combustion-product positive-displacement engine plants F02G)
F02D	CONTROLLING COMBUSTION ENGINES(vehicle fittings, acting on a single sub-unit only, for automatically controlling vehicle speed B60K003100; conjoint control of vehicle sub-units of different type or different function, road vehicle drive control systems for purposes other than the control of a single sub-unit B60W)
F02F	CYLINDERS, PISTONS, OR CASINGS FOR COMBUSTION ENGINES; ARRANGEMENTS OF SEALINGS IN COMBUSTION ENGINES
F02M	SUPPLYING COMBUSTION ENGINES IN GENERAL WITH COMBUSTIBLE MIXTURES OR CONSTITUENTS THEREOF
F02N	STARTING OF COMBUSTION ENGINES; STARTING AIDS FOR SUCH ENGINES, NOT OTHERWISE PROVIDED FOR
F02P	IGNITION, OTHER THAN COMPRESSION IGNITION, FOR INTERNAL-COMBUSTION ENGINES; TESTING OF IGNITION TIMING IN COMPRESSION-IGNITION ENGINES(specially adapted for rotary-piston or oscillating-piston engines F02B005312; ignition of combustion apparatus in general, glowing plugs F23Q; measuring of physical variables in general G01; controlling in general G05; data processing in general G06; electrical components in general, see section H; sparking plugs H01J)

Fonte: DERWENT (2021)

Afiliação dos Autores

Lemos, T.R. - Profissional em Controladoria Financeira na Industria Automotiva

Ouriques, H.R. - Professor da Universidade Federal de Santa Catarina

Silva Júnior, G.G. - Professor da Universidade Federal de Santa Catarina

Marcelo Arend - Professor da Universidade Federal de Santa Catarina

Contribuição dos Autores

Lemos, T.R. - The author contributed to the elaboration, realization and manipulation of the data and writing.

Ouriques, H.R. - The author contributed to the elaboration, realization and manipulation of the data and writing.

Silva Júnior, G.G. - The author contributed to the elaboration, realization and manipulation of the data and writing.

Marcelo Arend - The author contributed to the elaboration, realization and manipulation of the data and writing.

Editores Responsáveis

Alexandre Queiroz Pereira