

# EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

## uma perspectiva a partir das patentes de sistemas de armazenamento de energia

**Marcos Fernando Barbosa dos Santos<sup>1</sup>**  
Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) –  
Campus Colatina  
marcosfernandobs@gmail.com

**Júlio Cesar Nardi<sup>2</sup>**  
Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) –  
Campus Colatina  
julionardi@ifes.edu.br

**Giovany Frossard Teixeira<sup>3</sup>**  
Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) –  
Campus Colatina  
giovany@ifes.edu.br

**Sávio da Silva Berilli<sup>4</sup>**  
Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) –  
Campus Alegre  
savio.berilli@ifes.edu.br

**Victório Albani de Carvalho<sup>5</sup>**  
Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) - Campus Serra  
victorio@ifes.edu.br

### Resumo

O transporte por meio de veículos a combustão interna é um dos grandes responsáveis pela emissão de CO<sub>2</sub>e, o que tem levado a eletrificação dos transportes. Nessa transição, baterias e sistemas de armazenamento desempenham papel fundamental, apresentando desafios significativos. Baterias de íons de lítio, embora tenham revolucionado o mercado de veículos elétricos, requerem avanços substanciais em desempenho, produção e custo. Ademais, há uma preocupação com a possível geração de grande volume de resíduos dessas baterias até 2040, exigindo estratégias de reutilização, reciclagem e eliminação segura. Neste contexto, este trabalho objetiva caracterizar o cenário das invenções no campo das baterias e sistemas de armazenamento para veículos elétricos por meio de um estudo prospectivo aplicado a documentos de patentes. Foram definidos 4 aspectos de interesse: evolução temporal das patentes, cobertura geográfica, principais depositantes/titulares, e segmentos tecnológicos. Como resultados seguem: (i) o crescimento considerável no desenvolvimento dessas tecnologias, com maior taxa de 2003 a 2010 e com pico significativo em 2022, sendo que a trajetória de crescimento se mantém; (ii) a cobertura geográfica evidencia a liderança incontestável da Ásia, em especial, a China, consolidando a influência asiática no cenário global; (iii) quanto aos principais depositantes, a sul coreana Hyundai Motor lidera, sendo que dentre as cinco empresas mais representativas, três são japonesas; e (iv) análise dos segmentos tecnológicos revela uma distribuição abrangente, com destaque para a subclasse Y02T, indicando um foco em tecnologias de mitigação de mudanças climáticas, seguida da subclasse B60L, que enfatiza avanços específicos nas tecnologias de propulsão para veículos elétricos.

**Palavras-chave:** veículos elétricos; baterias; sistemas de armazenamento elétrico; prospecção tecnológica; mobilidade elétrica.

<sup>1</sup> Mestrando em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação pelo Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Ponto Focal Ifes/Campus Colatina. Engenheiro Eletricista da Empresa Luz e Força Santa Maria LTDA. Graduado em Engenharia Elétrica pela Faculdade Novo Milênio.

<sup>2</sup> Professor Titular do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) – *Campus Colatina*; Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). Pesquisador nas áreas de Ontologia, Modelagem Conceitual e Serviços. Professor permanente do Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (ProfNIT) do Ifes - campus Colatina.

<sup>3</sup> Professor Titular do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) – *Campus Colatina*; Doutor em Educação pela Universidad Del Norte (UniNorte). Pesquisador nas áreas de Avaliação da Aprendizagem e Programação para Dispositivos Móveis. Professor colaborador do Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (ProfNIT) do Ifes - campus Colatina.

<sup>4</sup> Professor Titular do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) – *Campus Alegre*; Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Grupo de pesquisa: aproveitamento de resíduos agrícolas e industriais na agricultura, fisiologia vegetal, nutrição de plantas. Professor permanente do Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (ProfNIT) do Ifes - campus Colatina.

<sup>5</sup> Professor do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) – *Campus Serra*; Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES); Professor colaborador do Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação (ProfNIT) do Ifes - campus Colatina.



## TECHNOLOGICAL EVOLUTION OF ELECTRIC VEHICLES a perspective from energy storage systems patents

### Abstract

Transportation through internal combustion engine vehicles is one of the major contributors to CO<sub>2</sub>e emissions, leading to the transport electrification. In this transition, batteries and storage systems play an important role, facing significant challenges. Lithium-ion batteries, although revolutionizing the electric vehicle market, require substantial advances in performance, production, and cost. Additionally, there is concern about the potential generation of a large volume of waste from these batteries by 2040, requiring strategies for reusing, recycling, and safe disposal. In this context, this work aims to characterize the landscape of inventions in the field of batteries and storage systems for electric vehicles through a prospective study applied to patent documents. Four aspects of interest were defined: the temporal evolution of patents, geographical coverage, main depositors/assigners, and technological segments. The main results are as follows: (i) considerable growth in the development of these technologies, with the highest rate from 2003 to 2010 and a significant peak in 2022, with a continuing growing trajectory; (ii) geographical coverage demonstrates the leadership of Asia, especially China, consolidating Asian influence on the global stage; (iii) regarding the main depositors, the South Korean Hyundai Motor leads, and among the five most representative companies, three are Japanese; and (iv) analysis of technological segments reveals a comprehensive distribution, with a highlight on subclass Y02T, indicating a focus on climate change mitigation technologies, followed by subclass B60L, which emphasizes specific advancements in electric vehicle propulsion technologies.

**Keywords:** electric vehicles; batteries; electric storage systems; technological forecasting; electric mobility.

## 1 INTRODUÇÃO

Alguns dos principais impulsionadores da transição, em curso, para fontes de energia renováveis e mais limpas são o rápido esgotamento dos recursos energéticos convencionais, o aumento maciço da poluição atmosférica e a aceleração da mudança climática. Tais fatores tornam necessário substituir os tradicionais combustíveis fósseis por alternativas mais sustentáveis (Hua *et al.*, 2022).

O transporte motorizado a combustão assumiu papel predominante nos deslocamentos cotidianos da população, respondendo por grande parte das emissões de poluentes dos grandes centros urbanos, principalmente os originários da queima dos combustíveis fósseis. Nesse contexto, de acordo com o Inventário Nacional da Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), em 2016, o Transporte Rodoviário foi responsável por cerca de 13% de todas as emissões de CO<sub>2</sub>e<sup>6</sup> do país (MTCI, 2023). Esse tipo de transporte é o maior emissor do setor Energia, que mede, principalmente, o consumo de combustíveis fósseis, com 44,5% das emissões de CO<sub>2</sub>e do setor (MTCI, 2023).

O veículo de combustão interna representa o núcleo do sistema predominante. Sua ascensão nesse contexto resultou do aumento da produção em larga escala e dos custos reduzidos dos combustíveis fósseis. A indústria automotiva especializou-se, incorporando tanto inovações tecnológicas quanto melhorias em suas práticas operacionais. Os governos respaldaram o desenvolvimento da infraestrutura, estabelecendo e fortalecendo regulamentações, na medida em que uma extensa cadeia produtiva relacionada se consolidava. A resistência ao processo de transição é identificada como "*lock-in*", uma condição persistente, embora não permanente. Grandes corporações, em geral, redobram esforços para preservar o paradigma vigente (Unruh, 2000). Soma-se a isso, a necessidade de uma política pública brasileira para a promoção da mobilidade elétrica com o uso de modernas tecnologias automotivas (Sugahara; Campos; Ferreira, 2022), como forma de incentivar as dinâmicas de inovação e regulação no setor automotivo.

Para além dos desafios supracitados relacionados à transição para veículos elétricos (VE), um deles, de ordem mais técnica, está intrinsecamente ligado com o desenvolvimento de sistemas de carregamento e armamento de energia (Liang *et al.*, 2023).

---

<sup>6</sup> O dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) é uma medida internacional que tem como finalidade estabelecer a equivalência entre todos os gases com efeito de estufa (GEE) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

As baterias desempenham papel fundamental no armazenamento de energia, enfrentando desafios significativos no contexto da eletromobilidade e nas aplicações de rede, conforme destacado por Gil Austi *et al.* (2017). Embora as baterias de íons de lítio tenham revolucionado o mercado de veículos elétricos, é crucial observar que a manutenção de seu domínio requer avanços substanciais em desempenho, produção e custo (Zeng *et al.*, 2019). Ademais, há uma preocupação com a possível geração significativa de resíduos de baterias de íons de lítio até 2040, exigindo estratégias robustas de reutilização, reciclagem e eliminação segura (Richa *et al.*, 2014).

No horizonte das possíveis disrupções tecnológicas, destacam-se alternativas promissoras, como as baterias aquosas de íon-zinco, que oferecem armazenamento não tóxico e de alta densidade, mostrando-se como potencial substituto para as baterias de íon-lítio em dispositivos vestíveis inteligentes (Tong, 2023). Além disso, o uso de materiais de eletrodos nanoestruturados em baterias de íons de lítio para veículos elétricos híbridos *eco-friendly* demonstra ser uma perspectiva ecológica e promissora (Sonika, 2023). A abordagem mais radical de baterias totalmente de estado sólido, sem ânodo, destaca-se como uma área de pesquisa em ascensão, oferecendo potencial para redução significativa do volume e custo das células. Embora ainda existam desafios a serem superados, tais como a segurança e a densidade energética, as versões sem ânodo atraem considerável atenção, destacando-se como uma possível direção futura para o setor de baterias (Lee; Oh; Choi, 2023).

Vive-se um período de importante crescimento nas principais empresas de tecnologia voltadas para a mobilidade elétrica, refletindo em um mercado em franca expansão, especialmente no aumento das vendas de veículos elétricos. Este cenário pode evidenciar que nos aproximamos de um momento crucial de disrupção na tecnologia de baterias, historicamente baseada no uso de lítio. Estudos já indicam uma transição iminente para baterias de estado sólido nos veículos elétricos, sinalizando mudanças substanciais no panorama tecnológico (Tong, 2023).

A inovação emerge como fator-chave para impulsionar o crescimento do mercado, tanto para empresas consolidadas quanto para novos entrantes. O entendimento do processo, a identificação de novos clientes e a construção de organizações ágeis são fundamentais para o sucesso nesse ambiente dinâmico (Gilbert, 2003). Além disso, as inovações disruptivas, seja nos modelos de negócios ou nos produtos, apresentam efeitos competitivos distintos e devem ser gerenciadas de forma diferenciada para garantir uma compreensão profunda e uma gestão eficaz (Markides, 2006).

Neste contexto, este artigo explora a temática de baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos com o objetivo de caracterizar o cenário das invenções desta temática a partir de documentos de patentes. A fim de atingir este objetivo, conduziu-se um estudo prospectivo de caráter quantitativo e descritivo. Para caracterização do cenário, foram definidos 4 (quatro) aspectos de interesse, os quais foram derivados em questões de pesquisa que buscaram ser, assim, respondidas. Tais aspectos são: evolução temporal das patentes, cobertura geográfica, principais depositantes/titulares, e segmentos tecnológicos. A partir dos resultados apresentados neste trabalho, espera-se contribuir para discussões relacionadas ao desenvolvimento e à adoção de veículos elétricos à luz de tecnologias de baterias e sistemas de armazenamento.

O restante deste artigo está organizado como segue: na Seção 2 é apresentado um referencial teórico sobre a temática abordada e os principais desafios; na Seção 3 é apresentado o método de pesquisa utilizado; na seção 4 são apresentados os principais resultados advindos da análise e da discussão dos dados; e, na seção 5 são tecidas as considerações finais.

## 2 VEÍCULOS ELÉTRICOS E PRINCIPAIS DESAFIOS

A história dos veículos elétricos remonta há mais de um século, quando eles eram fortes concorrentes dos veículos convencionais (combustão interna). No final do século XIX e início do século XX, os veículos elétricos eram populares entre as pessoas que queriam um meio de transporte silencioso e limpo. No entanto, a popularidade dos veículos elétricos diminuiu com o tempo, na medida em que os veículos a gasolina e diesel se tornaram mais baratos e mais fáceis de produzir.

Desde os anos 1930, a participação dos veículos elétricos na história do automóvel tem sido relativamente limitada em comparação com os veículos de combustão interna. No entanto, nas últimas décadas, os veículos elétricos estão ganhando popularidade novamente, devido à crescente preocupação com o meio ambiente e à busca por alternativas mais sustentáveis. Atualmente, os veículos elétricos são vistos como uma alternativa viável aos veículos a gasolina e a diesel, pois são mais limpos e mais eficientes em termos de energia (Ferreira; Dias, 2020).

Segundo a *International Energy Agency* (2023), as vendas globais de veículos elétricos (VE) alcançaram um marco significativo em 2022, ultrapassando os 10 milhões de unidades e representando 14% do total de vendas de automóveis novos. A China liderou esse crescimento, contribuindo com impressionantes 60% das vendas globais de automóveis elétricos, superando suas metas para 2025. O segundo maior mercado, a Europa, testemunhou um aumento de mais

de 15% nas vendas de VE em 2022. Os Estados Unidos, terceiro maior mercado, registraram um notável aumento de 55%, alcançando uma participação significativa de mercado de 8%. Projeções otimistas indicam que as vendas de VE podem atingir 14 milhões até o final de 2023, refletindo um aumento de 35% em comparação com o ano anterior, impulsionado por políticas e incentivos nacionais. Além dos mercados consolidados, mercados emergentes como Índia, Tailândia e Indonésia apresentam taxas promissoras de crescimento em 2022, com as vendas de carros elétricos nesses países mais do que triplicando em comparação com o ano anterior, evidenciando um cenário positivo.

Nesse contexto, as baterias desempenham um papel crucial no cenário da mobilidade elétrica, sendo o elemento mais significativo e oneroso na cadeia de valor dos Veículos Elétricos (VE). Ao contrário dos veículos com motor a combustão interna (MCI), que dependem de combustíveis fósseis ou biocombustíveis para obtenção de energia, nos VE, a bateria assume essa função central (Bermúdez-Rodríguez; Consoni, 2020).

A demanda crescente por baterias de íons de lítio impulsionada pelo aumento nas vendas de veículos elétricos evidencia desafios significativos na cadeia de abastecimento. Em 2022, a demanda global atingiu 550 GWh, representando um aumento de 65% em relação ao ano anterior. A China liderou com um aumento de mais de 70%, alinhado a um crescimento de 80% nas vendas de carros elétricos. Nos Estados Unidos, a demanda por baterias cresceu 80%, superando o aumento nas vendas de carros elétricos em 2022. A pressão sobre materiais críticos como lítio, cobalto e níquel, destaca a necessidade urgente de inovação e otimização para garantir a sustentabilidade e a segurança da cadeia de abastecimento na transição para veículos elétricos (International Energy Agency, 2023).

A dinâmica do mercado de baterias para veículos elétricos em 2022 revelou mudanças significativas, com destaque para o predomínio contínuo do óxido de lítio-níquel-manganês-cobalto (NMC). O fosfato de ferro-lítio (LFP), impulsionado por tendências chinesas, atingiu sua maior participação em uma década. Além disso, surgem alternativas aos íons de lítio convencionais apresentando vantagens em custos e redução de minerais críticos, um exemplo de alternativa são as baterias de íons de sódio (Na) que apresentam uma redução de custos de aproximadamente 30% em relação a LFP (International Energy Agency, 2023).

Em suma, a redução dos custos de produção e comercialização das baterias, por impactar diretamente no custo dos VE, acaba se colocando como sinalizador de crescimento deste mercado na medida em que ocorra maior paridade de preço na comparação com os veículos de combustão interna. Sendo as baterias de lítio-íon um componente estratégico para a eletromobilidade, as questões que demandam maior atenção é como tem sido o



desenvolvimento tecnológico e científico destas baterias ao longo do tempo, os atores que estão na liderança destes processos e se existe cooperação e compartilhamento de conhecimentos (Bermúdez -Rodríguez; Consoni, 2020).

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Para realização deste estudo, decidiu-se por realizar um estudo prospectivo tecnológico, de caráter quantitativo e descritivo. Segundo Coelho (2003), prospecção é um tipo de estudo que visa a fornecer informações sobre (possíveis) eventos futuros, dando suporte à tomada de decisão. Para Mayerhoff (2008), a prospecção tecnológica é “[...] um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros capazes de influenciar de forma significativa uma indústria, a economia ou a sociedade como um todo”. Por meio da prospecção tecnológica é possível identificar desenvolvimentos emergentes, avaliar a viabilidade e impacto de tecnologias e compreender possíveis cenários futuros, assim, permite avaliar os valores potenciais de negócios de alta tecnologia (Jin *et al.*, 2014). No entanto, a prospecção não está somente relacionada a estados futuros, a análise do estado da arte e da técnica aborda o histórico e tendências de mercado de determinada tecnologia (Amparo; Ribeiro; Guarieiro, 2012 *apud* Carvalho; Renault, 2019). Assim, a prospecção pode ser aplicada a estudos que enfatizem tanto o momento atual quanto as tendências futuras, e que acrescentem valor à organização (Carvalho; Renault, 2019).

No contexto desta pesquisa, foi desenvolvido um protocolo de prospecção tecnológica cujos elementos são apresentados pelo Quadro 1. Tal protocolo foi aplicado no contexto de um processo de prospecção composto, basicamente, por 4 (quatro) fases: (i) elaboração do protocolo do estudo prospectivo, (ii) busca, coleta e tratamento de dados, (iii) análise e discussão dos dados e (iv) publicação dos resultados.

**Elaboração do Protocolo de Prospecção:** A elaboração do protocolo de prospecção se deu de maneira iterativa, a fim de ir refinando seus elementos como palavras-chave, critérios de inclusão e extensão e questões de pesquisa, dentre outros. Para tanto, buscou-se apoio na literatura científica e técnica publicada na área de estudo.

**Busca, coleta e tratamento de dados:** Esta etapa foi conduzida, principalmente, por meio da plataforma Questel-Orbit, um sistema especializado em busca, seleção, análise e exportação de informações de patentes. O Questel-Orbit oferece capacidade de agrupar

informações por famílias de patentes<sup>7</sup> e dispõe de ferramentas e campos exclusivos que apoiam o processo de busca, a visualização e a análise dos resultados.

**Análise e Discussão dos Dados:** Nesta fase, buscou-se responder as questões de pesquisa a partir dos dados coletados. Grande parte da análise se deu com o suporte automatizado da plataforma Questel-Orbit. Discussões foram conduzidas também com o suporte da literatura. Para realizar a análise dos segmentos tecnológicos, foi considerada a Classificação Cooperativa de Patentes (CPC). A opção por utilizar a Classificação Cooperativa de Patentes (CPC) é fundamentada em benefícios oferecidos pela CPC para o tema analisado. Conforme destacado por Leydesdorff e colegas, Kogler e Yan (2017), a CPC proporciona uma nova base para o mapeamento de patentes e análise de portfólio, apresentando ferramentas inovadoras para a comparação e análise de portfólios de patentes de organizações ou empresas. Além disso, a cobertura de famílias de patentes pelo sistema CPC é consideravelmente mais abrangente em comparação com a Classificação Internacional de Patentes (IPC) (Degroote; Held, 2018). A CPC oferece 200 mil grupos, enquanto a IPC, 70 mil (INPI, 2023). Essa maior granularidade possibilita uma análise mais refinada, permitindo uma compreensão mais profunda e abrangente do panorama tecnológico.

**Publicação dos Resultados:** Esta fase constitui-se, dentre outros, pela busca na publicação de artigos científicos e apresentação dos resultados obtidos pela realização deste estudo prospectivo.

---

<sup>7</sup> Uma família de patentes é composta por diversas patentes relacionadas que compartilham uma aplicação de base comum ou têm uma relação técnica entre si.



**Quadro 1** - Detalhamento dos protocolos aplicado no estudo prospectivo.

Elemento	Descrição
Tema	Baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos.
Objetivo	Caracterizar o cenário de invenções sobre baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos a partir de documentos de patentes.
Questões de pesquisa (QP)	(QP1) Evolução Temporal: Como evoluiu a série temporal de depósitos de patentes relacionadas a baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos ao longo dos anos? (QP2) Cobertura Geográfica: Quais são os países que destacam em número de documentos de patentes relacionadas a baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos? (QP3) Principais Depositantes/Titulares: Quais são os principais depositantes/titulares de documentos de patentes no domínio de baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos? (QP4) Segmentos Tecnológicos: Como os documentos de patentes sobre baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos estão classificadas de acordo com a Classificação Cooperativa de Patentes (CPC)?
População	Documentos de patentes sobre baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos contidas na fonte de dados consultada.
Período de coleta dos dados	Documentos de patentes disponíveis na base até 07/12/2023.
Fontes de dados	Base de dados da Questel Orbit Intelligence.
String de busca	((((Battery) OR (energy storage))/TI/AB/OBJ/ADB/ICLM AND (((electric car) OR (electric vehicle)) NOT ((micro-mobility) OR (scooter) OR (e-bike) OR (electric bicycle)))/TI/AB/OBJ/ADB/ICLM))
Campos de aplicação da string de busca	TI: Título ( <i>Title</i> ) AB: Resumo ( <i>Abstract</i> ) OBJ: Objetivo ( <i>Objective</i> ) ADB: Base de dados ( <i>Database</i> ) ICLM: Índice de classificação ( <i>Classification Index</i> )
Idioma	Inglês
Técnica de pesquisa	Busca em bases de patentes com aplicação de filtros e critérios de inclusão e de exclusão.
Crítérios de seleção (Inclusão e Exclusão)	Os critérios de seleção foram definidos como (I) para Inclusão e (E) para Exclusão: (I) Documentos de patentes sobre baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos. (E) Documentos de patentes sobre baterias e sistemas de armazenamento de energia para bicicletas, ciclomotores, equipamentos de mobilidade autopropelidos individuais e similares.
Tratamento e extração de dados	O tratamento e a extração dos dados se deram, principalmente, por meio de mecanismos automatizados disponibilizados pelo Questel Orbit Intelligence.
Sumarização de resultados	98.077 registros de documentos de patentes sobre baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos.

## 4 PRINCIPAIS RESULTADOS

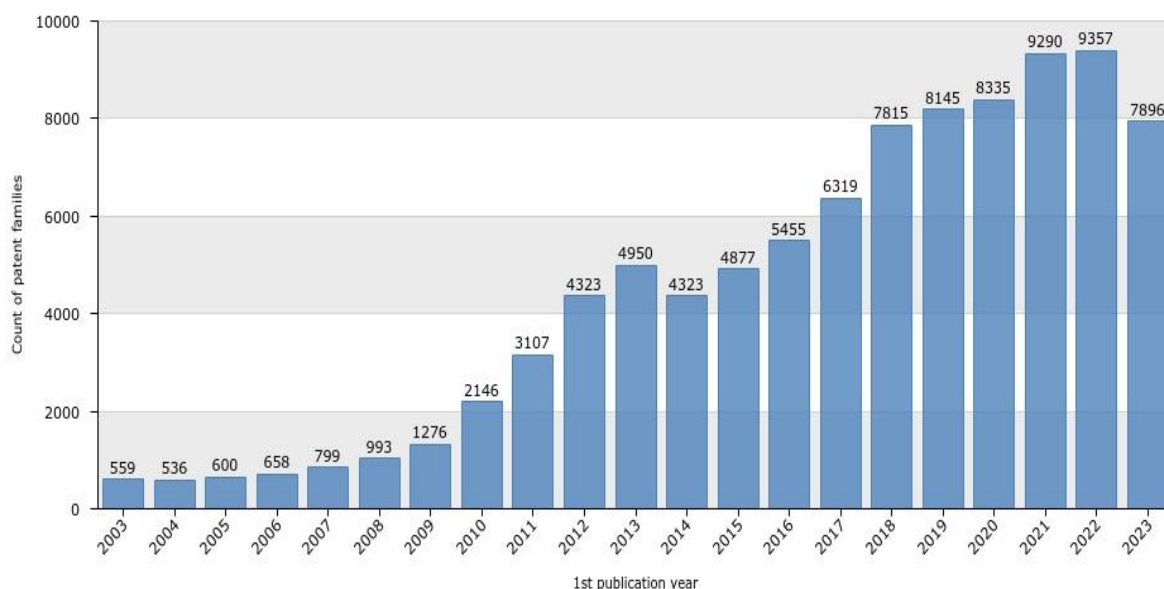
Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir do estudo prospectivo realizado. As subseções buscam abordar cada uma das questões de pesquisa definidas no protocolo do estudo.

### 4.1 EVOLUÇÃO TEMPORAL (QP1)

Uma análise realizada sobre o número de famílias de patentes pelo primeiro ano de publicação revelou uma trajetória significativa de crescimento no período considerado.

Conforme apresenta a Figura 1, entre 2003 e 2010, observou-se um aumento do número de famílias de patentes da ordem de 284%, indicando um interesse crescente nesse campo de desenvolvimento. O período entre 2011 e 2015 também apresentou crescimento, atingindo um pico de 4.950 registros em 2013. A trajetória crescente continuou de 2016 a 2022, com 9.357 famílias de patentes neste último ano. Em 2023, a marca atinge 7.896 registros. Considerando que a fase de busca/coleta de dados foi realizada no início de dezembro de 2023, pela série histórica, acredita-se que até o fim deste ano, novas publicações sejam realizadas e a tendência de crescimento seja mantida.

**Figura 1** – Série histórica do número de famílias de patentes pelo primeiro ano de publicação.



Fonte: Elaboração própria a partir do Questel-Orbit, 2023.

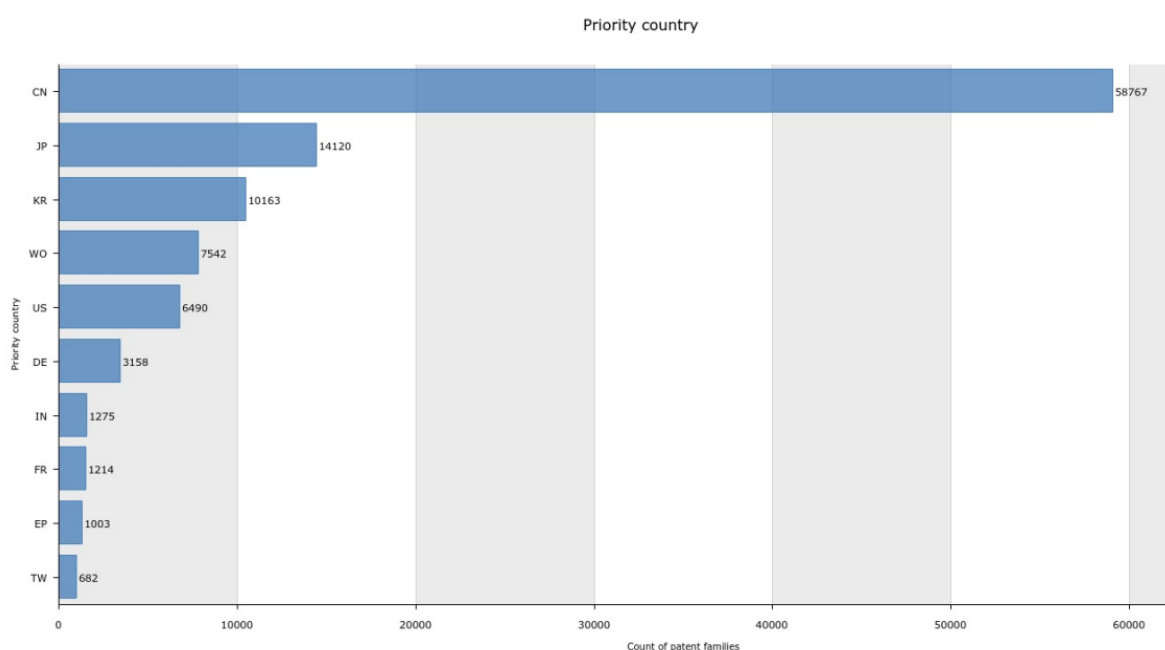
#### 4.2 COBERTURA GEOGRÁFICA (QP2)

A Figura 2 ilustra o número de famílias de patentes por país prioritário<sup>8</sup>. Neste contexto, observa-se que a China (CN) destaca-se com 58.767 dos registros de famílias de patentes. Esse número reflete a liderança da China em tecnologias de baterias e sistemas de armazenamento para veículos elétricos. O Japão (JP) e a Coreia do Sul (KR) seguem, contribuindo, significativamente, com 14.120 e 10.163 dos registros das famílias de patentes, respectivamente, consolidando a influência asiática nesse cenário. Os Estados Unidos (US)

<sup>8</sup> O termo "país prioritário" se refere ao país em que o titular da patente escolhe inicialmente onde depositá-la.

também desempenham papel destacado, com 6490 registros. Podem-se citar, ainda, outros países como Alemanha (DE), Índia (IN), França (FR) e Taiwan (TW) e depósitos feitos na Organização Européia de Patentes (EP). Os números destacam, portanto, a centralidade da Ásia, especialmente a China, na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de bateria para veículos elétricos, refletindo uma significativa liderança no cenário global. Para efeito de comparação, em relação ao Japão, segundo país com mais registros, a China o supera com uma taxa de 316% mais registros de famílias de patentes.

Figura 2 – Quantidade de famílias de patentes por país prioritário (10 maiores).



© Questel 2023

Fonte: Elaboração própria a partir do Questel-Orbit, 2023.

De fato, esses números veem ratificar que, conforme Richa *et al.* (2014), Aaldering; Song (2019) e Yurong *et al.* (2019), a difusão da tecnologia de bateria para veículos elétricos é desigual e concentrada em alguns países/regiões, com destaque para a Ásia, em especial, a China. Ademais, a série histórica apresentada permite ainda evidenciar o destaque ora existente para essa região que vem se mantendo e tende a continuar. Nesses termos, acredita-se que os números apresentados se justificam, conforme as análises de Bermúdez -Rodríguez; Consoni (2020), pelo fato de os governos desses países terem respaldado a indústria de baterias, canalizando subsídios e investimentos substanciais para consolidar sua presença no mercado.

Esses países também se destacam por sua sólida tradição em empresas do setor eletroeletrônico, no qual as tecnologias de armazenamento de energia representam um nicho de mercado crucial.

A Figura 3 apresenta o número de famílias de patentes vigentes protegidas em diversos países. Sendo assim, este gráfico demonstra a estratégia de proteção dos requerentes e, portanto, ajuda a identificar os mercados-alvo. A Ásia confirma seu destaque no mercado tecnológico de armazenamento de energia para veículos elétricos. A América Latina e a África possuem pouca representatividade. O Brasil, com 611 documentos de patentes, está entre os 20 (vinte) países com mais publicações no Mundo; nas Américas, fica atrás dos Estados Unidos (15.415 famílias publicadas) e do Canadá (1.157 famílias).

Figura 3 - Famílias de patentes por países onde se mantêm protegidas (100 países principais).



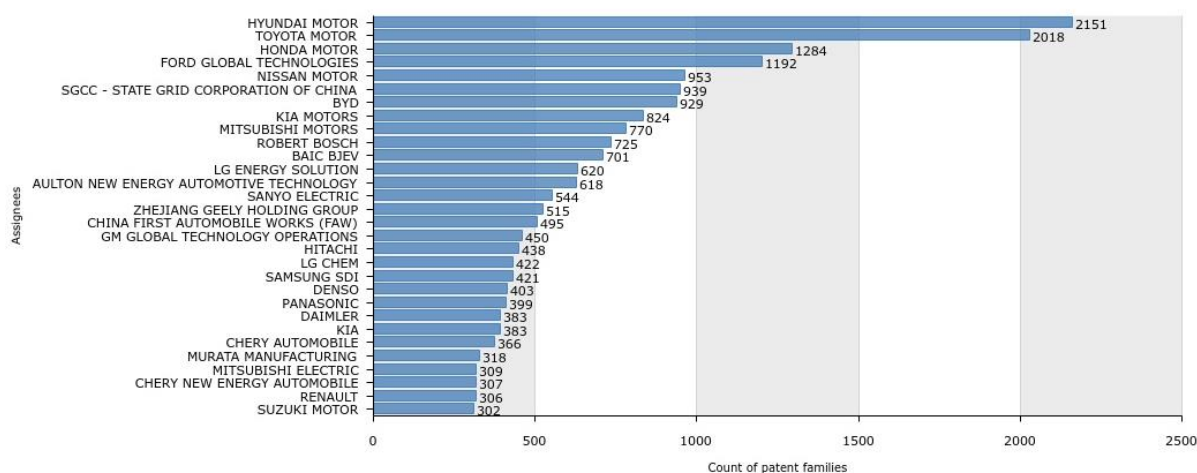
Fonte: Elaboração própria a partir do Questel-Orbit, 2023.

Ao compararmos as informações referentes às patentes por país prioritário (Figura 2) com os dados das famílias de patentes protegidas por país (Figura 3), destaca-se o aumento significativo nos registros dos Estados Unidos. Essa observação ressalta a importância estratégica desse país na proteção e adoção de novas tecnologias, especialmente no contexto da crescente relevância do mercado norte-americano, particularmente na vanguarda do setor de mobilidade elétrica. O expressivo crescimento de registros neste país sugere uma forte ênfase na inovação e no reconhecimento da importância do mercado dos Estados Unidos na condução e adoção de avanços tecnológicos na mobilidade elétrica.

### 4.3 PRINCIPAIS DEPOSITANTES (QP3)

A análise das principais empresas depositantes de patentes pode oferecer *insights* valiosos sobre a dinâmica global do mercado de baterias e sistemas de armazenamento de veículos elétricos. A Figura 4 apresenta o número de famílias de patentes por empresa titular.

Figura 4 - Número de famílias de patentes por empresas (titular).



Fonte: Elaboração própria a partir do Questel-Orbit, 2023.

No cenário mundial e asiático, a Hyundai Motor tem sido protagonista, com 2.151 famílias de patentes. Esse feito reflete não apenas a posição de destaque da Hyundai no cenário automotivo, mas também a resposta proativa da indústria sul-coreana às demandas crescentes por tecnologias sustentáveis. Além disso, vale destacar a contribuição significativa da também sul-coreana KIA, que faz parte do mesmo grupo da Hyundai. A KIA, ocupando a 5ª posição, com 824 famílias de patentes, reforça a influência coletiva do grupo na inovação automotiva global e na promoção de soluções sustentáveis.

A Toyota Motor, Honda Motor e Nissan Motor, contribuem com uma parcela significativa desse panorama, totalizando 4.255 famílias de patentes. A longa tradição japonesa na fabricação de veículos e a ênfase na eficiência energética se refletem também na colaboração contínua com a inovação em baterias para veículos elétricos.

SGCC, BYD e BAIC BJEV, representam 2.569 famílias patentes. Esse cenário reflete os investimentos substanciais e as políticas de incentivo implementadas pelo governo chinês para impulsionar a eletrificação veicular, resultando em um notável crescimento na indústria de baterias no país.

Em escala global, empresas como Ford Global Technologies, GM Global Technology Operations, Robert Bosch, LG Energy Solution e Panasonic, desempenham um papel importante. Essas empresas de renome internacional são peças-chave na promoção da diversidade e competitividade do mercado de tecnologias de baterias para veículos elétricos, evidenciando a natureza colaborativa e competitiva no desenvolvimento dessas inovações.

Quando se analisa a evolução temporal, conforme apresentado pela Figura 5, nota-se que empresas como Hyundai Motor, Toyota Motor, Honda Motor, Ford Global Technologies, BYD e Aulton New Energy Automotive Technology Co, dentre outras, tem mantido grande atividade no desenvolvimento de tecnologias para baterias e sistemas de armazenamento elétrico nos últimos anos. A Toyota Motor com grande atividade na década de 2010, foi ultrapassada pela Hyundai Motor na última década, podendo indicar mudança no cenário de pesquisa e desenvolvimento nesse setor. Outro ponto de destaque é a ascensão da Aulton New Energy Automotive Technology Co, que apresentou um crescimento considerável no período de 2020 a 2023. Esse crescimento constante levou a Aulton a se posicionar como líder em publicações quando analisamos a década atual.

Essa dinâmica de evolução entre as principais empresas sugere mudanças significativas nas estratégias de inovação e pesquisa, destacando o papel dinâmico e competitivo desempenhado por empresas líderes no setor automotivo, como Hyundai, Toyota e Aulton New Energy Automotive Technology Co. Essa análise temporal oferece evidências valiosas sobre as trajetórias das empresas nesse campo tecnológico em constante evolução.

Figura 5 - Família de patentes publicadas por ano por cada empresa (titular).

Empresa	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
HYUNDAI MOTOR			2	12	10	55	118	59	10	33	33	74	56	71	11	33	75	46	30	40	74	93	95	98	120	118	106	121	130	134	138	157
TOYOTA MOTOR	13	39	34	35	22	30	20	31	23	21	13	30	27	54	79	89	99	95	127	149	77	101	101	78	80	91	93	87	88	100		
HONDA MOTOR	51	25	33	37	28	36	25	32	22	12	23	12	14	15	11	10	23	34	67	80	93	31	45	33	42	32	99	105	83	61	61	
FORD GLOBAL TECHNOLOGIES	1	3				1	2	1	3	7	12	14	9	16	15	13	25	20	23	32	19	52	49	122	96	97	90	102	94	79	101	94
NISSAN MOTOR	9	19	53	37	52	46	45	37	7	18	22	36	34	38	25	11	11	63	34	54	61	63	31	34	20	15	19	11	14	8	12	
SGCC - STATE GRID CORPORATION OF CHINA																1		8	5	21	60	100	95	93	65	69	57	89	73	74	78	52
BYD									1				3	4	8	11	13	15	15	22	23	36	19	27	52	67	67	143	90	157	92	66
KIA MOTORS			8	8	31	109	2	1	4	2				2	1	1	11	13	16	22	47	52	41	23	28	34	53	93	110	97	15	
MITSUBISHI MOTORS	13	5	15	17	28	16	8	6	5	6	9	2	2	2			12	42	38	33	47	67	70	38	48	49	67	60	29	14	7	15
ROBERT BOSCH					1		1				1	2			2			3	20	51	46	57	79	40	53	48	72	74	63	22	46	36
BAIC BJEV																				11	6	6	11	53	124	90	90	40	92	101	62	15
AULTON NEW ENERGY AUTOMOTIVE TECHNOLOGY																									4	9	33	80	104	163	236	
LG ENERGY SOLUTION													4	11	10	3	5	15	11	29	32	20	31	16	40	38	50	54	75	102	75	
SANYO ELECTRIC	4	2	1	3	4	18	2	16	17	24	12	4	16	20	17	27	34	32	71	67	32	32	4	7	4	7	15	24	26			
ZHEJIANG GEELY HOLDING GROUP															1	7	21	20	26	20	9	13	18	34	59	75	61	83	72			
CHINA FIRST AUTOMOBILE WORKS (FAW)											2					11		4	1	3	8	19	4	1	18	23	17	40	38	66	147	95
GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS	3	3	3	5	2	3		9	5	2	5	4	10	4	11	11	15	29	25	48	43	41	11	13	6	19	12	13	25	34	37	
HITACHI	11	19	31	23	24	22	23	13	19	10	16	10	6	8	7	6	5	8	15	23	23	15	5	7	2	8	3	7	10	7	9	
LG CHEM						1							2	1	3	3	10	5	7	5	21	34	26	93	69	42	14	15	25	39	5	2
SAMSUNG SDI								3	3					19	19	11	6	4	4	31	19	31	56	11	5	11	23	18	25	49	18	55

Fonte: Elaboração própria a partir do Questel-Orbit, 2023.



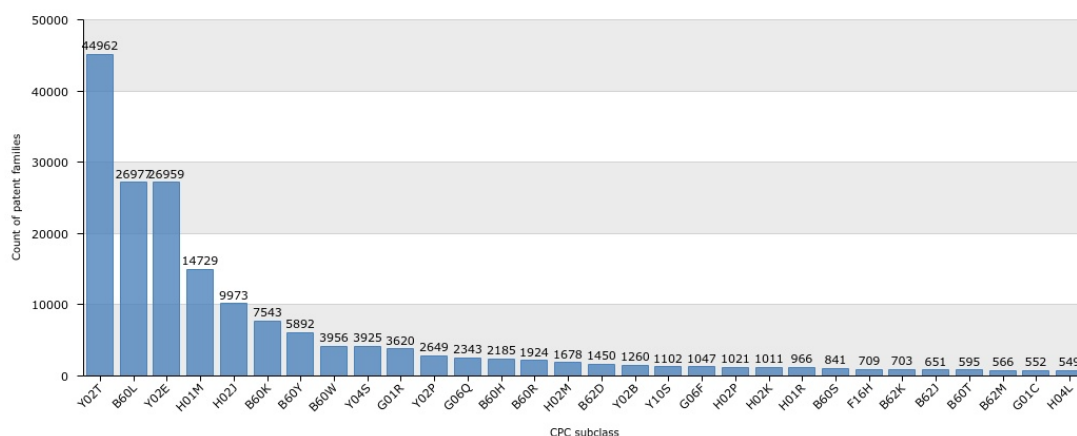
#### 4.4 SEGMENTOS TECNOLÓGICOS (QP4)

Para análise dos segmentos tecnológicos utilizou-se a classificação CPC sobre as famílias de patentes coletadas. Tal análise revelou uma distribuição de pelo menos 30 (trinta) subclasses relacionadas a patentes sobre baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos.

Considerando as 6 (seis) subclasses de maior destaque tem-se: Y02T (Tecnologias de Mitigação de Mudanças Climáticas Relacionadas ao Transporte), B60L (Propulsão Elétrica de Veículos ou Equipamentos de Transporte), Y02E (Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa Relacionadas à Geração, Transmissão ou Distribuição De Energia), H01M (Processos ou Meios, p. ex. baterias, para a conversão direta de energia química em energia elétrica), H02J (Circuitos ou Sistemas para Fornecimento ou Distribuição de Energia Elétrica) e B60K (Disposição ou montagem de unidades de propulsão ou de transmissões em veículos).

A subclasse Y02T destaca-se como a mais representativa com 44.962 famílias de patentes, indicando que grande parte dos registros analisados puderam ser classificados como tendo contribuições para lidar com as mudanças climáticas por meio da mobilidade elétrica. Isso equivale a cerca de 26,4% do total de famílias de patentes analisadas. Em segundo lugar, a subclasse B60L apresenta 26.977 famílias de patentes, cerca de 15,8% do conjunto analisado, o que reflete os avanços específicos nas tecnologias de propulsão empregadas em veículos elétricos, destacando a importância da inovação nesse domínio.

Figura 6 – Distribuição de famílias de patentes pela Classificação CPC.



© Questel 2023

Fonte: Elaboração própria a partir do Questel-Orbit, 2023.



A subclasse Y02E, com 26.959 famílias de patentes (15,8% do total) representa tecnologias com a intenção de lidar também com aspectos ambientais associados à mobilidade elétrica visando a reduzir emissões veiculares. A subclasse H01M, com cerca de 14.729 famílias de patentes (8,7% do conjunto analisado) evidencia a importância dos avanços nas células de combustível no contexto das tecnologias de armazenamento de energia. A subclasse H02J, abrangendo 9.973 famílias de patentes (5,9% do total) destaca a relevância dos avanços em circuitos e sistemas para a eficiente distribuição de energia elétrica, fundamental para a infraestrutura de carregamento de veículos elétricos. Por fim, a subclasse B60K, com 7.543 famílias de patentes (4,4% do total) indica que os veículos híbridos e elétricos a bateria são a tendência tecnológica na indústria de motores de veículos verdes.

Sob uma perspectiva complementar, a Figura 7 delinea a evolução das famílias de patentes por subclasses CPC ao longo dos anos. Observa-se especial ênfase na publicação de patentes envolvendo a subclasse Y02T, em especial nos últimos 7 (sete) anos. Isso indica uma trajetória de atenção especial de desenvolvimento nesse campo específico. O expressivo aumento ao longo dos anos dentro da subclasse Y02T sugere um crescente interesse e investimento na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias voltadas para a mitigação das mudanças climáticas no setor de transporte. Esta tendência não apenas reflete uma conscientização crescente sobre os impactos ambientais do transporte, mas também sublinha a importância estratégica de abordagens sustentáveis nesse domínio.

Em relação às demais subclasses, é relevante salientar a notável diminuição em 2022 no número de publicações de patentes na subclasse Y02E (“Redução de Emissões de Gases do Efeito Estufa Relacionadas à Geração, Transmissão ou Distribuição de Energia”), que se destacou como a de maior redução tanto em termos absolutos quanto percentuais em comparação ao ano anterior. Essa diminuição sinaliza uma possível mudança de foco ou prioridades na pesquisa e desenvolvimento de tecnologias relacionadas. A evolução deste campo merece atenção nos próximos anos. Outro aspecto digno de destaque é o crescimento linear observado na subclasse H01M (“Processos ou Meios, p. ex. baterias, para a conversão direta de energia química em energia elétrica”). Isso parece indicar uma evolução contínua e estável no campo tecnológico, sugerindo a manutenção de investimentos.

Figura 7 – Família de patentes por subclasses CPC pelo primeiro ano de publicação.

All CPC subclasses	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Y02T	271	261	261	280	362	479	637	1047	1475	2056	2209	1699	1933	2233	3013	3624	3859	4278	4862	4208	3105
B60L	146	118	126	125	162	232	296	513	777	1052	1086	795	815	1322	2027	2265	2144	2762	3224	3074	2262
Y02E	178	197	182	240	245	344	392	721	1003	1332	1464	1284	1325	1445	1796	2381	2393	2377	2667	1912	1485
H01M	72	83	69	112	97	154	139	246	414	587	679	711	679	807	1034	1374	1312	1345	1444	1514	1099
H02J	45	28	38	36	48	75	73	152	322	462	493	364	475	687	816	826	819	859	1069	1078	712
B60K	68	66	73	64	82	102	151	202	232	255	281	214	238	395	503	657	648	670	745	704	560
B60Y	29	31	45	34	39	63	66	82	192	229	253	191	193	186	345	467	575	582	665	632	663
B60W	42	35	58	40	68	88	126	138	108	155	179	185	228	230	246	273	318	308	337	311	240
Y04S	6	4	5	11	12	30	53	114	215	338	287	246	242	238	255	295	344	384	437	279	36
G01R	19	13	21	16	26	21	40	52	78	126	146	85	95	214	277	245	289	415	447	481	316
Y02P	34	41	43	27	42	40	55	85	119	161	163	140	194	168	175	221	201	172	177	156	53
G06Q	2	2		1	1	4	11	34	57	84	69	47	62	78	122	161	261	319	338	390	300
B60H	5	6	5	2	8	15	13	25	54	93	69	60	53	100	131	171	184	266	279	318	225
B60R	5	4	9	10	7	12	10	26	32	54	71	71	94	139	193	193	172	178	208	220	133
H02M	6	4	10	9	9	12	9	22	32	62	66	52	68	82	115	129	155	178	211	216	147
B62D	8	6	5	4	3	5	10	15	20	34	53	26	39	91	78	136	176	135	187	206	134
Y02B	3	4	2	4	2	11	12	26	56	78	82	65	77	99	100	114	101	125	155	84	15
Y10S	18	23	12	12	20	21	22	13	30	42	67	73	123	92	91	82	33	5	2	9	6
G06F	1		1	2			1	4	18	18	21	19	19	30	43	55	74	124	222	240	153
H02P	7	7	7	11	13	12	14	19	21	39	34	27	36	52	68	72	84	70	99	104	55

Fonte: Elaboração própria a partir do Questel-Orbit, 2023.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um estudo prospectivo com o objetivo de caracterizar o cenário das invenções relacionadas a baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos. Foram abordados 4 (quatro) aspectos de interesse (evolução temporal das patentes, cobertura geográfica, principais depositantes/titulares, e segmentos tecnológicos), os quais foram derivados em questões de pesquisa (QP) que buscaram ser respondidas. Como principais resultados deste estudo podem-se listar:

**Evolução Temporal (QP1):** Ao longo das últimas décadas, observa-se um crescimento notável no interesse e desenvolvimento dessas tecnologias. O período entre 2003 e 2010 ocorreu o aumento mais expressivo (284%) no número de famílias de patentes, indicando uma trajetória ascendente. O pico de 4.950 registros em 2013 representou um marco significativo, seguido por uma continuidade na trajetória ascendente até atingir 9.357 famílias de patentes em 2022. A tendência de crescimento se mantém, com 7.896 registros até o início de dezembro de 2023, indicando um ambiente propício para novos desenvolvimentos.

**Cobertura Geográfica (QP2):** A cobertura geográfica evidencia a liderança incontestável da China, destacando seu papel central nas tecnologias de baterias e armazenamento. Japão e Coreia do Sul contribuem significativamente, consolidando a influência asiática no cenário global. Os Estados Unidos possuem também relevância, evidenciando a importância estratégica do mercado norte-americano na adoção de tecnologias em mobilidade elétrica.

**Principais Depositantes (QP3):** No que diz respeito aos principais depositantes, a sul coreana Hyundai Motor lidera com 2.151 famílias de patentes, destacando-se na inovação automotiva sustentável. Empresas japonesas e chinesas contribuem significativamente, refletindo esforços globais em eletrificação veicular. Empresas internacionais renomadas, como Ford, GM, Bosch, LG e Panasonic, desempenham um papel fundamental na promoção da diversidade e competitividade do mercado. Vale notar que, dentre as cinco empresas mais representativas, três são japonesas, destacando a contribuição do Japão para o cenário global de inovações em baterias e sistemas de armazenamento de energia para veículos elétricos.

**Segmentos Tecnológicos (QP4):** A análise dos segmentos tecnológicos revela uma distribuição abrangente, com destaque para a subclasse Y02T, indicando um foco considerável em tecnologias de mitigação de mudanças climáticas. A subclasse B60L enfatiza avanços específicos nas tecnologias de propulsão para veículos elétricos, enquanto a subclasse H01M destaca a importância das células de combustível no armazenamento de energia. Observa-se uma diminuição em 2022 na subclasse Y02E (“Redução de Emissões de Gases do Efeito Estufa Relacionadas à Geração, Transmissão ou Distribuição de Energia”), enquanto a subclasse H01M (processos ou meios, p.ex., para a conversão direta de energia química em energia elétrica) mantém um crescimento linear consistente.

Em suma, estes resultados fornecem uma compreensão abrangente do panorama atual e das tendências futuras no desenvolvimento de tecnologias para veículos elétricos no que tange a baterias e sistemas de armazenamento, destacando a dinâmica global, os principais *players* e os setores tecnológicos mais relevantes.

Como trabalhos futuros, espera-se aprofundar algumas das evidências apresentadas neste estudo, em especial, relacionadas às tecnologias de armazenamento de energia, bem como realizar novas investigações com o intuito de construir um amplo panorama sobre a adoção de veículos elétricos.

## REFERÊNCIAS

AALDERING, Loes; SONG, Chie Hoon. Tracing the technological development trajectory in post-lithium-ion battery technologies: A patent-based approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 241, 2019. Disponível em: <https://consensus.app/papers/tracing-development-trajectory-postlithiumion-battery-aaldering/58e21aa75ea756439a4c62d2b0f7ffb1/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

AMPARO, Keize Katiane dos Santos; RIBEIRO, Maria do Carmo Oliveira; GUARIEIRO, Lílian Lefol Nani. Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, p. 195–209, dez. 2012.

BERMÚDEZ -RODRÍGUEZ, Tatiana; CONSONI, Flavia Luciane. Uma abordagem da dinâmica do desenvolvimento científico e tecnológico das baterias lítio-íon para veículos elétricos. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, p. e0200014, 3 ago. 2020.

CARVALHO, Melissa Da Silva; RENAULT, Thiago Borges. Uso da Inteligência Competitiva e Tecnológica para Depósito de Patentes e Transferência de Tecnologia em Núcleos de Inovação Tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, v. 12, n. 4, p. 736, 28 dez. 2019.

COELHO, Gilda Massari. **Nota Técnica – 14 Prospecção Tecnológica: Metodologias e Experiências Nacionais e Internacionais. Projeto CTPetro Tendências Tecnológicas**. [S.l.: s.n.], 2003.

DEGROOTE, Bart; HELD, Pierre. Analysis of the Patent Documentation Coverage of the CPC in Comparison with the IPC with a Focus on Asian Documentation. **World Patent Information**, v. 54, p. S78–S84, set. 2018.

FERREIRA, José P.; DIAS, Márcio J. **Veículos Elétricos e Híbridos: História e Perspectivas para o Brasil**. 2020.

GIL AUSTI, Maite *et al.* Baterías Del Futuro: Retos y Proyección. **Dyna Ingenieria e Industria**, v. 92, n. 1, p. 601–605, 2017.

GILBERT, Clark. The Disruption Opportunity. **MIT Sloan Management Review**, 15 jul. 2003. Disponível em: <https://sloanreview.mit.edu/article/the-disruption-opportunity/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

HUA, Yining *et al.* Fine-Grained RNN With Transfer Learning for Energy Consumption Estimation on EVs. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 18, n. 11, p. 8182–8190, nov. 2022.

INPI. **Classificação de patentes**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/classificacao/classificacao-de-patentes>. Acesso em: 20 dez. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global EV Outlook 2023**. [S.l.]: OECD, 2023. Disponível em: [https://www.oecd-ilibrary.org/energy/global-ev-outlook-2023\\_cbe724e8-en](https://www.oecd-ilibrary.org/energy/global-ev-outlook-2023_cbe724e8-en). Acesso em: 3 dez. 2023. (Global EV Outlook).

JIN, Bo *et al.* Technology Prospecting for High Tech Companies through Patent Mining. *In: 2014 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA MINING*, dez. 2014. **Anais [...]**, dez. 2014. p. 220–229. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7023339>. Acesso em: 18 dez. 2023.

LEE, Nohjoon; OH, Jihoon; CHOI, J. Anode-less all-solid-state batteries: recent advances and future outlook. **Materials Futures**, v. 2, 2023. Disponível em: <https://consensus.app/papers/anodeless-allsolidstate-batteries-advances-outlook-lee/1f2449445d7e5fc6a6053e71599e14cd/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

LEYDESDORFF, Loet; KOGLER, Dieter Franz; YAN, Bowen. Mapping Patent Classifications: Portfolio and Statistical Analysis, and the Comparison of Strengths and Weaknesses. **Scientometrics**, v. 112, n. 3, p. 1573–1591, set. 2017.

LIANG, Jing *et al.* Effects of Expanding Electric Vehicle Charging Stations in California on the Housing Market. **Nature Sustainability**, v. 6, n. 5, p. 549–558, 19 jan. 2023.

MARKIDES, Constantinos. Disruptive Innovation: In Need of Better Theory. **Journal of Product Innovation Management**, v. 23, n. 1, p. 19–25, jan. 2006.

MAYERHOFF, Zea Duque Vieira Luna. Uma Análise sobre os Estudos de Prospecção Tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, v. 1, n. 1, p. 7–9, 2008.

MTCI. **Dados digitais sobre transporte no Brasil podem auxiliar na elaboração do Inventário Nacional de gases de efeito estufa**. Rio de Janeiro: MCTI, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2021/06/dados-digitais-sobre-transporte-no-brasil-podem-auxiliar-na-elaboracao-do-inventario-nacional-de-gases-de-efeito-estufa>. Acesso em: 26 nov. 2023.

RICHA, Kirti *et al.* A Future Perspective on Lithium-Ion Battery Waste Flows from Electric Vehicles. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 83, p. 63–76, fev. 2014.

SONIKA, Sushil Kumar Verma. Prospect of Lithium-ion Battery in Designing Environment Friendly Hybrid Electric Vehicles. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1110, 2023. Disponível em: <https://consensus.app/papers/prospect-lithiumion-battery-designing-environment-sonika/cc76ad6caf14587abd3f53dedfe0575b/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

SUGAHARA, Cibele Roberta; CAMPOS, Giovanni Moreira Rocha; FERREIRA, Denise Helena Lombardo. Mudanças Climáticas e Veículos Elétricos: Alternativas para o Desenvolvimento Sustentável. **Revista De Empreendedorismo, Negócios E Inovação**, v. 7, n. 1, 2022.

TONG, Yi. Feasibility analysis of replacing lithium-ion battery with aqueous zinc-ion battery. **Highlights in Science, Engineering and Technology**, 2023. Disponível em: <https://consensus.app/papers/feasibility-analysis-replacing-lithiumion-battery-tong/635301c1a97c5079a70d50f386f9f83e/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

UNRUH, Gregory C. Understanding Carbon Lock-In. **Energy Policy**, v. 28, n. 12, p. 817–830, out. 2000.

YURONG, Huang *et al.* Electric Vehicle BMS Subdivision Technology Patent Distribution Analysis. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 631, 2019. Disponível em: <https://consensus.app/papers/electric-vehicle-subdivision-technology-patent-yurong/00bb3d76b18354f58af55dccb3fcad9f/>. Acesso em: 10 dez. 2023.

ZENG, Xiaoqiao *et al.* Commercialization of Lithium Battery Technologies for Electric Vehicles. **Advanced Energy Materials**, v. 9, n. 27, p. 1900161, jul. 2019.