



INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO  
DIRETORIA DE AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE – DCONF  
DIVISÃO DE QUALIDADE REGULATÓRIA – DIQRE

**ANÁLISE DE IMPACTO REGULATÓRIO SOBRE BATERIAS PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS LEVES**

Nota Técnica nº 5/2024/Diqre-Dconf-Inmetro

SEI 0052600.7115/2023-64

Duque de Caxias – RJ

12 de abril de 2024

## SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO	3
1. INTRODUÇÃO	4
2. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA REGULATÓRIO	5
2.1. REALIDADE E PERSPECTIVAS PARA O MERCADO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS LEVES	5
2.2. TIPOS DE TECNOLOGIAS DE BATERIAS PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS	6
2.3. ARQUITETURA DAS BATERIAS DE ÍON DE LÍTIO EM VEÍCULOS ELÉTRICOS	9
2.4. VEÍCULOS ELÉTRICOS MOVIDOS A HIDROGÊNIO	10
2.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE POSSÍVEIS PROBLEMAS	11
3. COMPETÊNCIA LEGAL	12
3.1. IDENTIFICAÇÃO DA BASE LEGAL QUE AMPARA A ATUAÇÃO DO INMETRO	12
3.2. FRONTEIRAS DE COMPETÊNCIA COM OUTROS REGULAMENTADORES	13
4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	14

## SUMÁRIO EXECUTIVO

Esta Análise de Impacto Regulatório (AIR) sobre baterias para veículos elétricos leves tem como objeto os componentes utilizados em veículos de quatro rodas para rodagem em vias urbanas ou rodoviárias. Não estão contemplados neste trabalho os veículos de carga, de apoio logístico, de transporte público de passageiros, de duas rodas, entre outros.

A investigação de um possível problema regulatório contemplou a situação atual do mercado automotivo especificamente para modelos eletrificados e as perspectivas de crescimento no cenário brasileiro; a identificação dos principais tipos de tecnologias de baterias para veículos elétricos leves em utilização pela indústria; das principais tecnologias que atualmente encontram-se em estágio de pesquisa e desenvolvimento; as arquiteturas de aplicação das baterias nos veículos elétricos; e os veículos eletrificados movidos a hidrogênio, como alternativa tecnológica às baterias de íon de lítio.

O principal problema com relação às baterias de íon de lítio instaladas em veículos elétricos é a possibilidade de ocorrência de incêndios, que podem ser causados por alguns fatores, principalmente por sobrecarga no carregamento ou por colisões em acidentes de trânsito. Identificou-se que a indústria automotiva tem trabalhado na minimização dos riscos de segurança relativas às baterias, podendo contar com normas técnicas internacionais para a padronização de testes e ensaios de desempenho, confiabilidade e uso excessivo, como a norma técnica ABNT NBR IEC 62660. Neste levantamento inicial de informações não foram identificados incidentes de falhas de segurança relativas às baterias de veículos elétricos na atual realidade brasileira.

Quanto à análise da competência legal do Inmetro sobre o objeto identificamos que o Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN detém o poder regulatório sobre equipamentos de fábrica nos veículos, e, portanto, qualquer alternativa dependerá da combinação de medidas entre os reguladores, considerando a competência residual do Inmetro em regular produtos, equipamentos, partes e peças deste mercado.

A análise do contexto internacional nos mostra que a regulamentação ainda não é uma questão tratada nos principais mercados produtores e consumidores, tendo sido mais efetiva a elaboração de normas e documentos técnicos, visando à especificação técnica de testes e ensaios para a definição de padrões mínimos de segurança e desempenho.

Diante dos fatores analisados neste trabalho, a recomendação é de que não ocorra intervenção regulatória por parte do Inmetro, no atual momento, com medida que vise impor restrições técnicas às baterias de veículos elétricos, cuja implantação poderia ocasionar distorções de mercado, limitando a evolução tecnológica e a sua aplicação nos veículos produzidos e comercializados no país, devendo o Inmetro monitorar o mercado e acompanhar os problemas de segurança que possam acontecer. Entende-se que somente com a ampliação do mercado poderá ser mais bem avaliada a existência de problemas regulatórios a serem resolvidos.

## 1. INTRODUÇÃO

Essa Nota Técnica apresenta a Análise de Impacto Regulatório - AIR - para a regulamentação de baterias para veículos automotivos elétricos leves de quatro rodas para uso rodoviário e em viação urbana. Portanto, não estão contemplados neste trabalho veículos de carga, de apoio logístico, de transporte público de passageiros, de duas rodas, entre outros.

A presente análise decorre de demanda apresentada pelo Diretor de Avaliação da Conformidade do Inmetro, contida no processo SEI nº 0052600.7115/2023-64, cujo objeto consta da agenda regulatória para o biênio 2024/2025, referente ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de medidas regulatórias de produtos e serviços no âmbito da Diretoria de Avaliação da Conformidade, de acordo com a Portaria Inmetro nº 629, de 26 de dezembro de 2023.

No que lhe é cabível, este trabalho atende às exigências do Decreto nº 10.411/2020, que regulamenta a análise de impacto regulatório de que tratam o artigo 5º da Lei nº 13.874/2019 (Lei de Liberdade Econômica), de 20 de setembro de 2019, e o art. 6º da Lei nº 13.848, de 25 de junho de 2019. Ainda se buscou seguir as orientações contidas no Guia para Elaboração de Análise de Impacto Regulatório (AIR) (Brasil, 2021).

O estudo em tela foi motivado pela necessidade de avaliação de possíveis regulamentações do Inmetro, em apoio ao Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística - e ao seu sucedâneo, Programa Mobilidade Verde e Inovação - MOVER, que é parte da estratégia, elaborada pelo Governo Federal e executada pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), para desenvolvimento do setor automotivo no país, especialmente os relacionados à eletrificação da frota automotiva brasileira e que possam representar risco ao cidadão.

As montadoras presentes no país atualmente pesquisam e desenvolvem diferentes tecnologias para a eletrificação de veículos automotores. Um dos resultados esperados para o Programa governamental seria evitar a defasagem tecnológica, especialmente em eficiência energética e desempenho estrutural, do veículo elaborado e comercializado no Brasil frente às novas tecnologias em fase de implementação no exterior. Este esforço permitiria que a indústria brasileira integrasse as cadeias globais de produção de autopeças e veículos acabados.

Neste sentido, seria importante a antecipação às questões relacionadas à segurança de produtos e insumos para a infraestrutura, distribuição, carregamento e armazenamento de energia em veículos automotivos. Uma série de componentes poderá ser regulamentada a fim de permitir a eletrificação segura da frota brasileira.

O Inmetro, em apoio a esta política pública, identificou quais componentes seriam passíveis de serem regulamentados nos veículos elétricos carregados diretamente via rede elétrica (*plug-in*). Nesse sentido, foi solicitada a análise do impacto regulatório quanto à regulamentação fundamentada em requisitos de segurança para baterias de íon-lítio dos veículos *plug-in*.

## 2. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA REGULATÓRIO

Visando caracterizar o problema regulatório, identificamos inicialmente o tamanho do mercado atual, as perspectivas para o futuro próximo e algumas das principais tecnologias de baterias utilizadas em veículos elétricos leves nas suas diferentes modalidades mais utilizadas pela indústria automotiva em escala mundial.

Em seguida, apresentamos os possíveis problemas de segurança com relação às baterias e as medidas adotadas pela indústria automotiva para mitigar os riscos.

### 2.1. REALIDADE E PERSPECTIVAS PARA O MERCADO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS LEVES

Segundo os dados da Secretaria Nacional de Trânsito - SENATRAN, somando os veículos 100% elétricos (BEV - Battery Electric Vehicle) e os híbridos (HEV - Hybrid Electric Vehicle e PHEV - Plug-in Hybrid Electric Vehicle), a frota no Brasil, em janeiro de 2024, é de 313.415 veículos eletrificados, representando 0,26% de toda a frota nacional de 122 milhões de veículos, segundo a estatística estratificada por tipo de combustível.

De acordo com a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), em notícia publicada no seu site em 2 de fevereiro de 2024, as vendas de veículos leves eletrificados terminaram o ano de 2023 com 93.927 emplacamentos, com crescimento de 91% sobre as vendas de 2022 (49.245), superando as previsões do setor para o encerramento do ano. No mês de dezembro de 2023, as vendas chegaram a 16.279, quase o triplo das 5.587 de dezembro de 2022 (+191%), sendo esta marca o maior volume mensal já registrado da série histórica da ABVE Data.

Ainda segundo consta na notícia acima citada, os números de 2023 consolidam a tendência do mercado de eletrificados no Brasil no rumo dos veículos elétricos *plug-in*, aqueles com recarga externa das baterias. Estes representaram 56% das vendas de eletrificados leves no ano, com 52.359 unidades, ultrapassando os híbridos convencionais HEV a gasolina e HEV flex (41.568), que, até 2022, ainda dominavam esse segmento. Em dezembro, os plug-in representaram 70% das vendas totais de eletrificados (11.371, de um total de 16.279), puxados pelo crescimento das vendas dos veículos das marcas BYD e GWM, que lançaram novos modelos com essas tecnologias.

Para a ABVE, o Mover – Mobilidade Verde e Inovação, o novo programa do governo federal para o setor automotivo, vai permitir que as empresas preparem com mais clareza seus planos de investimento, tanto para veículos leves, quanto para veículos pesados, como ônibus e caminhões, assim como para a infraestrutura de recarga elétrica. O setor prevê que a tendência de crescimento deverá se manter, mesmo com o aumento da carga tributária sobre os veículos elétricos e híbridos importados, a partir de 2024.

## VEÍCULOS ELETRIFICADOS LEVES NO BRASIL POR TECNOLOGIA – JAN/DEZ 2023

TECNOLOGIA	jan./23	fev./23	mar./23	abr./23	maio/23	jun./23	jul./23	ago./23	set./23	out./23	nov./23	dez./23	TOTAL	MARKET GERAL
HEV	569	696	1.035	837	1.100	964	1.489	1.785	1.477	1.536	1.491	2.456	15.435	16,43%
HEV FLEX	1.542	1.733	2.272	2.229	2.296	2.249	2.426	2.699	2.123	2.202	1.910	2.452	26.133	27,82%
PHEV	1.637	1.227	2.095	1.162	2.424	2.394	2.597	3.700	3.028	3.429	4.003	5.353	33.049	35,19%
BEV	755	638	587	565	615	618	950	1.167	1.830	2.370	3.197	6.018	19.310	20,56%
<b>TOTAL</b>	<b>4.503</b>	<b>4.294</b>	<b>5.989</b>	<b>4.793</b>	<b>6.435</b>	<b>6.225</b>	<b>7.462</b>	<b>9.351</b>	<b>8.458</b>	<b>9.537</b>	<b>10.601</b>	<b>16.279</b>	<b>93.927</b>	

Fonte: ABVE

Siglas:

HEV – Hybrid Electric Vehicle – Veículo elétrico híbrido

HEV Flex - Hybrid Electric Vehicle Flex - Veículo elétrico híbrido flex

PHEV – Plug-in Hybrid Electric Vehicle – Veículo elétrico híbrido plug-in

BEV – Battery Electric Vehicle – Veículo elétrico à bateria

## 2.2. TIPOS DE TECNOLOGIAS DE BATERIAS PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS

Atualmente, as baterias de íon de lítio (Li-ion) são as mais comuns em veículos elétricos de produção em massa devido à sua alta densidade de energia, vida útil razoável e capacidade de recarga rápida. No entanto, outras tecnologias, como baterias de estado sólido e baterias de íon de sódio, estão em desenvolvimento e prometem melhorias significativas em termos de densidade de energia, segurança e custo.

É importante notar que a capacidade de uma bateria de íon de lítio diminui gradualmente ao longo do tempo, mesmo que ela não tenha atingido o número máximo de ciclos de vida. Além disso, o desempenho da bateria pode ser afetado por fatores como temperatura, taxa de carga e descarga, e condições de armazenamento. Portanto, a vida útil real de uma bateria pode variar consideravelmente na prática.

As tecnologias de baterias de íon de lítio para veículos elétricos têm evoluído significativamente nos últimos anos, impulsionando a popularização e a viabilidade desses veículos. Algumas das tecnologias mais comuns e emergentes incluem:

### ✓ Íon de Lítio Cobalto (LiCoO<sub>2</sub>):

Esta foi uma das primeiras tecnologias de bateria de íon de lítio usadas em veículos elétricos.

Possui uma alta densidade de energia específica, o que significa que pode armazenar uma grande quantidade de energia em um espaço relativamente pequeno.

No entanto, o cobalto é caro e há preocupações em relação à sua disponibilidade e às condições de mineração.

Geralmente têm uma vida útil de cerca de 500 a 1000 ciclos completos de carga e descarga.

✓ Íon de Lítio Ferrofosfato (LiFePO<sub>4</sub>):

Caracterizada por uma maior estabilidade e segurança em comparação com as células de íon de lítio cobalto.

Apresenta uma vida útil mais longa, com estimativas variando entre 2000 a 5000 ciclos completos de carga e descarga, dependendo das condições de uso, e é menos propensa a superaquecimento, tornando-a uma escolha popular para aplicações que priorizam a segurança e a durabilidade.

✓ Íon de Lítio Manganês (LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>):

Oferece uma alternativa de baixo custo ao LiCoO<sub>2</sub>, enquanto mantém uma boa densidade de energia.

Possui uma vida útil mais longa e é mais seguro, mas pode ter uma densidade de energia um pouco mais baixa.

Geralmente têm uma vida útil de ciclo de carga/descarga de aproximadamente 1000 a 2000 ciclos completos.

✓ Íon de Lítio Níquel Cobalto Alumínio (NCA):

Utiliza uma combinação de níquel, cobalto e alumínio em seu cátodo, proporcionando uma densidade de energia muito alta.

Esta tecnologia é comumente usada em veículos elétricos de alta performance devido à sua capacidade de fornecer uma grande quantidade de energia em um espaço pequeno.

Estima-se que a vida útil deste tipo de bateria varie entre de 800 a 2000 ciclos completos de carga e descarga, a depender das condições de uso.

✓ Íon de Lítio Níquel Manganês Cobalto (NMC):

Oferece uma combinação equilibrada de densidade de energia, custo e vida útil. Pode ser ajustada para diferentes proporções de níquel, manganês e cobalto para otimizar diferentes características, como densidade de energia, vida útil e custo.

Têm uma vida útil que pode variar amplamente, mas em geral, podem suportar entre 800 e 2000 ciclos completos de carga e descarga.

Além dessas tecnologias estabelecidas, pesquisas contínuas estão em andamento para desenvolver novas variantes de baterias de íon de lítio, como baterias de estado sólido, baterias de íon de sódio, entre outras, que prometem melhorias

significativas em termos de densidade de energia, segurança e vida útil. Essas tecnologias estão destinadas a impulsionar ainda mais a adoção de veículos elétricos ao torná-los mais acessíveis, seguros e eficientes. Destacamos abaixo as características das baterias de íon de lítio de estado sólido e as baterias de íon de sódio:

- **Baterias de Íon de Lítio de Estado Sólido:**

Em desenvolvimento para substituir as baterias de íon de lítio convencionais.

Em vez de usar um eletrólito líquido como nas baterias de íon de lítio tradicionais, as baterias de estado sólido usam um eletrólito sólido, o que pode minimizar as questões de segurança associados aos vazamentos e incêndios das baterias de íon de lítio líquidas, por não haver líquidos inflamáveis presentes nesta tecnologia.

Têm o potencial de ter uma densidade de energia mais alta do que as baterias de íon de lítio tradicionais, podendo armazenar mais energia em um espaço menor, o que pode resultar em veículos elétricos com maior autonomia.

Espera-se que as baterias de estado sólido tenham um ciclo de vida mais longo do que as baterias de íon de lítio tradicionais, o que significa que elas podem suportar um número maior de ciclos de carga/descarga antes de começarem a degradar significativamente em termos de capacidade.

As baterias de estado sólido geralmente podem operar em uma faixa mais ampla de temperaturas do que as baterias de íon de lítio líquidas, o que as torna mais adequadas para uso em ambientes extremos, como temperaturas muito altas ou baixas.

Atualmente, as baterias de estado sólido são mais caras de produzir do que as baterias de íon de lítio tradicionais, devido à tecnologia de fabricação mais complexa e aos materiais mais caros. No entanto, espera-se que os custos diminuam à medida que a tecnologia amadureça e a produção em escala aumente.

- **Baterias de Íon de Sódio:**

As baterias de íon de sódio são uma alternativa emergente às tradicionais baterias de íon de lítio e têm o potencial de oferecer várias vantagens em termos de custo, segurança e disponibilidade de materiais.

Assim como as baterias de íon de lítio, as baterias de íon de sódio funcionam por meio de uma reação eletroquímica entre um cátodo, um ânodo e um eletrólito. No entanto, enquanto as baterias de íon de lítio usam lítio como íon móvel, as baterias de íon de sódio usam sódio. Os materiais comumente usados incluem dissulfeto de enxofre para o cátodo e grafite ou outros materiais de carbono para o ânodo.

O sódio é muito mais abundante na crosta terrestre do que o lítio, o que significa que os materiais necessários para fabricar baterias de íon de sódio são mais facilmente disponíveis e menos sujeitos a flutuações de preço de mercado.

Devido à abundância de sódio e à disponibilidade de materiais, espera-se que as baterias de íon de sódio tenham um custo de produção mais baixo do que as baterias de íon de lítio. Isso pode torná-las uma opção mais acessível para uma variedade de aplicações, incluindo veículos elétricos e armazenamento de energia em larga escala.

As baterias de íon de sódio têm potencialmente uma segurança aprimorada em comparação com as baterias de íon de lítio, pois o sódio é menos reativo do que o lítio e menos propenso a reações exotérmicas violentas em caso de falha da bateria.

Apesar das vantagens potenciais, as baterias de íon de sódio ainda estão em estágio inicial de desenvolvimento e enfrentam vários desafios tecnológicos. Isso inclui questões relacionadas à densidade de energia, vida útil da bateria, eficiência e estabilidade do material. Pesquisas e desenvolvimentos adicionais são necessários para superar esses desafios e tornar as baterias de íon de sódio comercialmente viáveis em grande escala.

### **2.3. ARQUITETURA DAS BATERIAS DE ÍON DE LÍTIO EM VEÍCULOS ELÉTRICOS**

A arquitetura das baterias de íon de lítio em veículos elétricos pode variar dependendo do fabricante, do modelo do veículo e da estratégia de design específica. No entanto, existem alguns princípios comuns que geralmente se aplicam à maioria das baterias de veículos elétricos. Aqui está uma visão geral da arquitetura típica das baterias de íon de lítio em veículos elétricos:

**Células individuais:** A unidade básica de uma bateria de íon de lítio é a célula individual. Essas células são normalmente cilíndricas ou prismáticas e contêm os materiais eletroquímicos necessários para armazenar e liberar energia. As células são conectadas em série e/ou paralelo para formar módulos.

Em modelos lançados mais recentemente, alguns modelos têm sido equipados com células em formato de lâmina, projetada em uma forma plana e delgada, o que permite um empilhamento eficiente, maximizando a capacidade de armazenamento de energia em um espaço compacto, sem a necessidade de formação em módulos. Devido à sua forma plana, as células de bateria em lâmina podem ser mais facilmente resfriadas, o que ajuda a controlar a temperatura durante o carregamento e a descarga, reduzindo assim o risco de superaquecimento e prolongando a vida útil da bateria.

**Módulos de Bateria:** Os módulos de bateria são grupos de células individuais agrupadas juntas em uma estrutura que fornece proteção mecânica, térmica e elétrica. Cada módulo é projetado para fornecer uma quantidade específica de energia e é uma unidade básica que pode ser interconectada para formar um pacote de bateria maior.

**Pacote de Bateria:** O pacote de bateria é a montagem completa que contém todos os módulos de bateria, além de componentes adicionais, como sistemas de gerenciamento térmico, sistemas de controle e proteções contra curto-circuito. O pacote de bateria é a principal fonte de energia do veículo elétrico e é instalado

embaixo do veículo ou em outros locais projetados para otimizar o centro de gravidade e a distribuição de peso.

Sistema de Gerenciamento de Bateria (BMS): Cada pacote de bateria é equipado com um Sistema de Gerenciamento de Bateria (BMS), que monitora e controla vários aspectos das células individuais e do pacote de bateria como um todo. O BMS é responsável por monitorar a temperatura das células, o estado de carga, a corrente de carga e descarga, a proteção contra sobrecarga e descarga excessiva, entre outras funções críticas para garantir a segurança e a eficiência da bateria.

Arquitetura da Plataforma: A localização e a distribuição do pacote de bateria no veículo podem variar de acordo com a plataforma de design do veículo. Alguns veículos elétricos têm o pacote de bateria montado no assoalho do veículo, enquanto outros podem ter uma arquitetura de bateria distribuída para melhorar o espaço interior e a distribuição de peso.

De forma concisa, essa é uma visão geral da arquitetura básica das baterias de íon de lítio em veículos elétricos. No entanto, é importante ressaltar que os fabricantes de veículos elétricos estão constantemente inovando e refinando suas abordagens de design de bateria para melhorar o desempenho, a eficiência e a segurança dos veículos elétricos.

## 2.4. VEÍCULOS ELÉTRICOS MOVIDOS A HIDROGÊNIO

Veículos elétricos movidos a hidrogênio, também conhecidos como veículos de célula de combustível de hidrogênio (FCEV), são uma classe de veículos elétricos que utilizam uma célula de combustível para converter hidrogênio e oxigênio em eletricidade, que é então usada para alimentar um motor elétrico e propulsionar o veículo. Aqui estão alguns aspectos importantes sobre os veículos elétricos movidos a hidrogênio:

**Célula de Combustível:** A célula de combustível é o coração do veículo elétrico movido a hidrogênio. Ela consiste em uma membrana eletroquímica onde ocorre a reação entre o hidrogênio e o oxigênio do ar, gerando eletricidade, calor e água como subprodutos. A eletricidade produzida pela célula de combustível é usada para alimentar um motor elétrico, que traciona o veículo.

**Armazenamento de Hidrogênio:** O hidrogênio é armazenado a bordo do veículo em tanques de alta pressão, geralmente em forma de gás comprimido. Também é possível armazenar hidrogênio em forma líquida, mas isso requer temperaturas extremamente baixas. O armazenamento seguro e eficiente de hidrogênio é um dos principais desafios tecnológicos e de segurança associados aos veículos movidos a hidrogênio. Nos veículos, o H<sub>2</sub> é armazenado em cilindros que operam em alta pressão, da ordem de 600 a 800 bar. Neste caso, há dois problemas a serem resolvidos: o surtidor no posto terá de fornecer este H<sub>2</sub> em alta pressão e o cilindro no veículo terá de armazená-lo também em alta pressão. Em comparação ao atual abastecimento de GNV, o sistema deverá comprimir e operar o H<sub>2</sub> a uma pressão de 3 a 4 vezes maior que o atual de gás natural.

**Emissões e Sustentabilidade:** Os veículos elétricos movidos a hidrogênio são considerados uma alternativa ambientalmente amigável aos veículos movidos a combustíveis fósseis, pois produzem apenas água e calor como subprodutos. No entanto, a produção de hidrogênio em larga escala ainda depende em grande parte de fontes de energia não renováveis, como o gás natural. A produção de hidrogênio por meio de eletrólise da água usando energia renovável é uma opção mais sustentável, mas ainda enfrenta desafios de custo e infraestrutura.

**Autonomia e Recarga:** Os veículos elétricos movidos a hidrogênio geralmente têm uma autonomia maior em comparação com os veículos elétricos a bateria, devido à densidade energética superior do hidrogênio em relação às baterias. Além disso, o tempo de recarga de um veículo movido a hidrogênio é muito mais rápido do que o tempo de recarga de um veículo elétrico a bateria, já que o hidrogênio pode ser abastecido em minutos, semelhante ao abastecimento de combustível de veículos convencionais.

**Desenvolvimento e Adoção:** Os veículos elétricos movidos a hidrogênio ainda estão em estágio inicial de desenvolvimento e adoção em comparação com os veículos elétricos a bateria. A infraestrutura de abastecimento de hidrogênio ainda é limitada em muitas regiões e os custos de produção e compra de veículos movidos a hidrogênio são geralmente mais altos do que os veículos elétricos a bateria. No entanto, com avanços contínuos em tecnologia e infraestrutura, espera-se que os veículos elétricos movidos a hidrogênio desempenhem um papel importante no futuro da mobilidade sustentável, principalmente movendo veículos de carga e longo curso.

## **2.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE POSSÍVEIS PROBLEMAS**

O principal problema em relação às baterias de íon de lítio instaladas em veículos elétricos é a possibilidade de ocorrência de incêndios, que podem ser causados por alguns fatores, os quais também podem ser observados em veículos com motores à combustão interna.

Considerando a experiência internacional sobre o tema, dois tipos de ocorrência, com veículos em condição de uso normal, são considerados os mais críticos para a ocorrência de fuga térmica das baterias, que podem causar superaquecimento, incêndio ou explosão: sobrecarga durante o carregamento e choque mecânico, principalmente por colisão.

Quanto à sobrecarga da bateria, o carregamento além de sua capacidade projetada pode levar ao superaquecimento e ao incêndio. Isso pode ocorrer por problemas com o sistema de carregamento, como cabos danificados, conectores soltos, mau funcionamento do equipamento de carga, entre outros fatores.

Em relação ao choque mecânico, os abalroamentos, especialmente as colisões frontais de alto impacto entre veículos ou entre o veículo elétrico e obstáculos podem resultar em danos sérios às baterias e ocasionar incêndios.

Os incêndios provocados pelas baterias são de difícil combate, considerando que estas são compostas por matérias inflamáveis, como o eletrólito líquido e componentes químicos reativos e a alta carga energética concentrada.

Considerando o problema com a possibilidade de incêndios, as baterias de íon de lítio utilizadas em veículos elétricos são projetadas com várias camadas de proteção para minimização de riscos, incluindo-se o mecanismo para que as baterias sejam desconectadas em caso de defeito ou acidente, evitando a transmissão de corrente elétrica.

Em relação à adequação das baterias a critérios mínimos de desempenho e segurança, normas técnicas foram elaboradas e são periodicamente atualizadas, considerando os avanços tecnológicos constantes neste setor. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou a ABNT NBR IEC 62660-1:2022 e 62660-2:2022, que adota as normas internacionais correspondentes elaboradas pela *International Electrotechnical Commission* (IEC), para especificar ensaios de desempenho e de confiabilidade e abuso de células de lítio-íon para tração automotiva, respectivamente, “proporcionando uma metodologia básica de ensaio com versatilidade geral, provendo ensaios primários comuns para as células de lítio-íon aplicáveis em uma variedade de sistemas de baterias” (ABNT, ABNT NBR IEC 62550-1, vii).

Outro documento técnico importante referente ao tema, publicado pela *SAE International*, associação internacional de engenheiros técnicos especializados em mercado automotivo, fonte de normas e padrões relativos ao setor automotivo e aeroespacial, é a norma técnica SAE J2464 “Teste de segurança e excesso RESS (*Rechargeable Energy Storage System*, Sistema de Armazenamento de Energia Renovável) de Veículos Elétrico e Elétrico Híbrido”, atualizada em 2021, cujos testes de uso excessivo são realizados para caracterizar a resposta de um RESS a condições ou ambientes anormais que poderiam perfeitamente ocorrer, mesmo que com pouca frequência.

### 3. COMPETÊNCIA LEGAL

#### 3.1. IDENTIFICAÇÃO DA BASE LEGAL QUE AMPARA A ATUAÇÃO DO INMETRO

O arcabouço legal do Inmetro é regido pelas seguintes leis:

- Lei nº 5.966, de 11 de dezembro de 1973: Institui o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, e dá outras providências.
- Lei nº 9.933, de 20 de dezembro de 1999: Dispõe sobre as competências do Conmetro e do Inmetro, institui a Taxa de Serviços Metrológicos, e dá outras providências.
- Lei nº 12.545, de 14 de dezembro de 2011: Dispõe sobre o Fundo de Financiamento à Exportação (FFEX), altera o art. 1º da Lei nº 12.096, de 24 de novembro de 2009, e as Leis nºs 10.683, de 28 de maio de 2003, 11.529, de 22 de outubro de 2007, 5.966, de 11 de dezembro de 1973, e 9.933, de 20 de dezembro de 1999; e dá outras providências.

De acordo com Art. 3º da Lei nº 9.933/1999, alterado pelo Art. 12 da Lei nº 12.545/2011, o Inmetro é competente para (entre outras atribuições):

IV - exercer poder de polícia administrativa, expedindo regulamentos técnicos nas áreas de avaliação da conformidade de produtos, insumos e serviços, desde que não constituam objeto da competência de outros órgãos ou entidades da administração pública federal, abrangendo os seguintes aspectos:

- a) segurança;
- b) proteção da vida e da saúde humana, animal e vegetal;
- c) proteção do meio ambiente; e
- d) prevenção de práticas enganosas de comércio;

Portanto, são objetos de competência regulatória do Inmetro produtos, insumos ou serviços que não sejam de competência de outros regulamentadores na esfera federal (competência residual), observados os aspectos contidos no inciso IV do Art. 3º da Lei nº 9.933/1999 com redação dada pelo Art. 12 da Lei nº 12.545/2011. Além disso, a regulamentação não pode invadir a competência legal exclusiva dos Estados e municípios.

Desta forma, a análise da competência legal consiste em analisar se o problema ou o objeto em questão atende a todos esses critérios.

### **3.2. FRONTEIRAS DE COMPETÊNCIA COM OUTROS REGULAMENTADORES**

Segundo o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), instituído pela Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, o Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN é o coordenador do Sistema Nacional de Trânsito e órgão máximo normativo e consultivo. Compete ao CONTRAN normatizar os procedimentos de registro e licenciamento de veículos (CTB, Art. 12, inciso X)

Em específico quanto aos aspectos de segurança dos veículos e seus componentes, o Código de Trânsito estipula que os fabricantes, os importadores, os montadores e os encarregadores de veículos devem obedecer às condições estabelecidas pelo CONTRAN, incluindo inspeções para assegurar que mantenham suas características originais de fábrica, sujeitos a aplicação de medida administrativa de retenção aos veículos reprovados (CTB, Art. 103 e Art. 104).

Ao CONTRAN também compete estabelecer os equipamentos obrigatórios dos veículos e determinar suas especificações técnicas, sendo que nenhum veículo poderá transitar com equipamento ou acessório proibido, sendo o infrator sujeito às penalidades e medidas administrativas previstas no Código de Trânsito. Os fabricantes, os importadores, os montadores, os encarregadores de veículos e os revendedores devem comercializar os seus veículos com os equipamentos obrigatórios (CTB, Art. 105).

O Código de Trânsito também dispõe que os importadores, as montadoras, as encarregadoras e fabricantes de veículos e autopeças são responsáveis civil e criminalmente por danos causados aos usuários, a terceiros, e ao meio ambiente, decorrentes de falhas oriundas de projetos e da qualidade dos materiais e equipamentos utilizados na sua fabricação (CTB, Art. 113).

Portanto, é o CONTRAN que detém o poder de polícia administrativa para obrigar a adoção de um tipo específico de plugue no veículo, ou mesmo exigir obediência a certos requisitos de segurança para este componente na fabricação, importação ou montagem dos veículos.

O cumprir e fazer cumprir a legislação de trânsito e a execução das normas e diretrizes estabelecidas pelo CONTRAN compete à Secretaria Nacional de Trânsito – SENATRAN, órgão máximo executivo do Sistema Nacional de Trânsito (CTB, Art. 19).

A questão central na determinação da competência legal é qual o problema regulatório em qual produto será alvo da medida regulatória. A bateria embarcada no veículo é competência do CONTRAN, pois integra o veículo homologado. Caberia ao Inmetro as baterias de reposição? Haverá um mercado de baterias de reposição? Se houver, existirão problemas que possam ser resolvidos por meio de regulamento técnico do Inmetro? Com a incipiência do mercado atual, não seria possível responder nenhuma destas questões.

#### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A presente Análise de Impacto Regulatório (AIR) sobre baterias para veículos elétricos leves procurou investigar um possível problema regulatório relativo a estes equipamentos automotivos, identificando as principais tecnologias atualmente aplicadas ou em desenvolvimento pela indústria, para a utilização em veículos híbridos ou inteiramente elétricos, a forma como são instaladas nos veículos e as tendências de evolução tecnológica, visando maior segurança e eficiência.

Foram identificados diferentes tipos de baterias utilizadas nos veículos atualmente em circulação, a grande maioria utilizando a tecnologia de íon de lítio, mas com diferentes configurações de materiais envolvidos, que podem prover maior ou menor segurança, eficiência, durabilidade, custos, entre outras características desejáveis pela indústria ou pelos consumidores. Assim como foram apresentadas as alternativas tecnológicas que estão sendo avaliadas e desenvolvidas pelo setor para atender estes critérios desejáveis.

Considerando a perspectiva atual, identificamos o aprimoramento da tecnologia de baterias de íon de lítio ferrofosfato (LiFePO<sub>4</sub>), utilizando o formato das células em lâminas, o desenvolvimento das baterias de íon de lítio de estado sólido e das baterias de íon de sódio, além do aprimoramento da tecnologia já existente de eletrificação através da utilização do hidrogênio como combustível, como as principais tendências de evolução tecnológica para o setor.

Portanto, conforme visto acima, trata-se de uma indústria em estágio de rápida evolução tecnológica e sem uma tecnologia claramente dominante à vista em médio prazo. Como ilustração, pode-se evidenciar a notável diferença tecnológica existente entre os veículos novos comercializados atualmente e aqueles lançados no final da década passada em termos de segurança, eficiência, autonomia, durabilidade, entre outros fatores.

Considerando a análise da competência legal do Inmetro sobre o tema, identificou-se o CONTRAN como outro regulador envolvido, no que se relaciona às

questões de especificação técnica dos veículos a transitarem nas vias públicas brasileiras. Portanto, o veículo automotivo como um todo, sendo as baterias utilizadas para acumulação de energia para a tração parte integrante essencial está na esfera de competência do CONTRAN, que detém o poder de polícia administrativa para obrigar a adoção de equipamentos específicos, considerando as características originais de fabricação e a homologação dos veículos que trafegam em vias públicas. Dado o caráter residual da sua competência legal, o Inmetro pode regular a fabricação das baterias de veículos elétricos, inclusive no mercado de reposição e instalação, mas não tem competência para regular seu uso em vias públicas.

No setor automotivo, como regra geral, a competência do Inmetro relaciona-se principalmente quanto aos produtos, sejam eles equipamentos, partes ou peças, que são comercializados nos mercados de reposição e de instalação independentes das montadoras de veículos. O mercado desse tipo de equipamento para veículos elétricos ainda se encontra restrito às montadoras de veículos e a sua rede própria ou autorizada de atendimento e em pequena escala. Portanto, há a necessidade de mais dados históricos e informações, além de mais registros de casos e relatos de problemas que possam ser resolvidos por um regulamento técnico, para que este seja justificável.

Considerando a característica do veículo elétrico movido por baterias, em que o custo das baterias representa grande parte do valor total do bem, e da forma como a comercialização está sendo realizada, em que é ofertada garantia para defeitos nas baterias por vários anos após a aquisição, ainda não há clareza em como será o mercado secundário destes veículos, qual será a importância deste mercado, e qual será o volume de produção de baterias como produto de reposição e se haverá uma rede independente de oficinas aptas a proverem serviços de troca e reparos em baterias de veículos elétricos.

Entendemos que, considerando a competência regulatória residual do Inmetro nesses casos, a regulamentação técnica isolada nesse escopo não seria efetiva, sendo necessária a articulação com o CONTRAN e com outros possíveis entes reguladores, para a efetiva regulação deste tipo de equipamento.

A experiência internacional nos mostra que a regulamentação ainda não é uma questão posta, tendo sido mais efetiva a elaboração de normas e documentos técnicos, visando à especificação técnica de testes e ensaios para a definição de padrões mínimos de segurança e desempenho.

A elaboração e a entrada em vigor de uma regulamentação técnica neste momento podem ter como consequência indesejada uma possível inibição na aplicação e no desenvolvimento de novas tecnologias, considerando que estas encontram-se em rápido processo de evolução. Uma padronização ou definição de critérios técnicos regulamentares restritivos ou irrealistas, neste momento, pode ocasionar retrocessos em relação à inovação e aos investimentos.

Considerando os fatores analisados, recomenda-se através desta análise de impacto regulatório que não haja a intervenção do Inmetro, no momento atual, com medida regulatória que vise impor restrições técnicas às baterias para a tração elétrica de veículos leves e equipamentos correlatos.

Recomenda-se que o Inmetro continue monitorando o mercado de veículos elétricos e as intercorrências de segurança que possam ocorrer, coletando dados

históricos e informações destas ocorrências. Acreditamos que somente a ampliação do uso desses produtos é que poderá demonstrar a existência de problemas regulatórios a serem resolvidos.

Duque de Caxias, 12 de abril de 2024.

**MARCELO FERREIRA**  
Pesquisador Tecnologista em Metrologia e Qualidade

**FERNANDO ANTONIO LEITE GOULART**  
Chefe da Divisão de Qualidade Regulatória

Assinaturas eletrônicas registradas na Nota Técnica nº 5/2024/Diqre/Dconf-Inmetro (1782844), Processo SEI nº 0052600.007115/2023-64.

Nota Técnica nº 5/2024/Diqre/Dconf-Inmetro

INMETRO/SEI/NÚMERO DO PROTOCOLO  
0052600.007115/2023-64Assunto: **Análise de Impacto Regulatório sobre baterias para veículos elétricos leves.**

## SUMÁRIO EXECUTIVO

Esta Análise de Impacto Regulatório (AIR) sobre baterias para veículos elétricos leves tem como objeto os componentes utilizados em veículos de quatro rodas para rodagem em vias urbanas ou rodoviárias. Não estão contemplados neste trabalho os veículos de carga, de apoio logístico, de transporte público de passageiros, de duas rodas, entre outros.

A investigação de um possível problema regulatório contemplou a situação atual do mercado automotivo especificamente para modelos eletrificados e as perspectivas de crescimento no cenário brasileiro; a identificação dos principais tipos de tecnologias de baterias para veículos elétricos leves em utilização pela indústria; das principais tecnologias que atualmente encontram-se em estágio de pesquisa e desenvolvimento; as arquiteturas de aplicação das baterias nos veículos elétricos; e os veículos eletrificados movidos a hidrogênio, como alternativa tecnológica às baterias de íon de lítio.

O principal problema com relação às baterias de íon de lítio instaladas em veículos elétricos é a possibilidade de ocorrência de incêndios, que podem ser causados por alguns fatores, principalmente por sobrecarga no carregamento ou por colisões em acidentes de trânsito. Identificou-se que a indústria automotiva tem trabalhado na minimização dos riscos de segurança relativas às baterias, podendo contar com normas técnicas internacionais para a padronização de testes e ensaios de desempenho, confiabilidade e uso excessivo, como a norma técnica ABNT NBR IEC 62660. Neste levantamento inicial de informações não foram identificados incidentes de falhas de segurança relativas às baterias de veículos elétricos na atual realidade brasileira.

Quanto à análise da competência legal do Inmetro sobre o objeto identificamos que o Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN detém o poder regulatório sobre equipamentos de fábrica nos veículos, e, portanto, qualquer alternativa dependerá da combinação de medidas entre os reguladores, considerando a competência residual do Inmetro em regular produtos, equipamentos, partes e peças deste mercado.

A análise do contexto internacional nos mostra que a regulamentação ainda não é uma questão tratada nos principais mercados produtores e consumidores, tendo sido mais efetiva a elaboração de normas e documentos técnicos, visando à especificação técnica de testes e ensaios para a definição de padrões mínimos de segurança e desempenho.

Diante dos fatores analisados neste trabalho, a recomendação é de que não ocorra intervenção regulatória por parte do Inmetro, no atual momento, com medida que vise impor restrições técnicas às baterias de veículos elétricos, cuja implantação poderia ocasionar distorções de mercado, limitando a evolução tecnológica e a sua aplicação nos veículos produzidos e comercializados no país, devendo o Inmetro monitorar o mercado e acompanhar os problemas de segurança que possam acontecer. Entende-se que somente com a ampliação do mercado poderá ser mais bem avaliada a existência de problemas regulatórios a serem resolvidos.

Este Sumário Executivo é parte integrante do Relatório de Análise de Impacto Regulatório sobre baterias para veículos elétricos leves, devendo ser considerado juntamente com o seu conteúdo integral, protocolado neste processo sob nº .

Anexo: Relatório de Análise de Impacto Regulatório sobre baterias para veículos elétricos leves (SEI nº ).

Duque de Caxias, 16 de abril de 2024.



DOCUMENTO ASSINADO ELETRONICAMENTE COM FUNDAMENTO NO ART. 6º, § 1º, DO [DECRETO Nº 8.539, DE 8 DE OUTUBRO DE 2015](#) EM 29/05/2024, ÀS 12:30, CONFORME HORÁRIO OFICIAL DE BRASÍLIA, POR

**MARCELO FERREIRA**

Pesquisador-Tecnologista em Metrologia e Qualidade



DOCUMENTO ASSINADO ELETRONICAMENTE COM FUNDAMENTO NO ART. 6º, § 1º, DO [DECRETO Nº 8.539, DE 8 DE OUTUBRO DE 2015](#) EM 29/05/2024, ÀS 16:00, CONFORME HORÁRIO OFICIAL DE BRASÍLIA, POR

**FERNANDO ANTONIO LEITE GOULART**

Chefe da Divisão de Qualidade Regulatória

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.inmetro.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.inmetro.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1782844** e o código CRC **75F5C105**.



**Referência:** Este Modelo integra os documentos da qualidade do Gabin/Presi e está referenciado à NIG-Gabin-030 - Rev. 012, publicada no Sidoq em Jun/2019.

sgqi@inmetro.gov.br