

Refreamento na extração de metais para baterias de veículos elétricos: estabelecer fontes de fornecimento responsáveis por meio de estratégias de demanda e reciclagem.

Preparado pela Earthworks
e pelo **Sustainable Futures Institute**

Abril de 2021



Equipe de pesquisa

- Elsa Dominish
- Dr Nick Florin
- Dra Rachael Wakefield-Rann

Citação

Dominish, E., Florin, N., Wakefield-Rann, R., (2021). *Reducing new mining for electric vehicle battery metals: responsible sourcing through demand reduction strategies and recycling*. Relatório preparado para a Earthworks pelo Sustainable Futures Institute, University of Technology Sydney.

Agradecimentos

Os autores gostariam de reconhecer as valiosas contribuições a esta pesquisa por representantes do setor (inclusive os Fabricantes de Equipamentos de Origem, fabricantes e recicladores de materiais ativos de células catódicas), pelo mundo acadêmico e por nossos pares. Este relatório foi solicitado e financiado pela Earthworks.

Imagem da contracapa: acumuladores usando baterias de EVs de segunda vida na fábrica da BMW em Leipzig. Crédito fotográfico: BMW.

Isenção de responsabilidade

Os autores exerceram todo o devido cuidado e competência para assegurarem que a matéria está correta na data deste relatório. O ISF e os autores não assumem nenhuma responsabilidade por perdas e danos que possam resultar do seu uso por qualquer pessoa.

© UTS 2021



Institute for Sustainable Futures

University of Technology Sydney
PO Box 123 Broadway, NSW, 2007
lithium.isf.uts.edu.au

Resumo executivo

Introdução e método

Para cumprir as metas do Acordo Climático de Paris e evitar os piores efeitos de uma mudança climática catastrófica, é essencial que as economias façam uma transição imediata para sistemas de transportes que utilizem energias renováveis. No momento atual, as tecnologias necessárias para produzir, armazenar e empregar energias sustentáveis exigem uma quantidade significativa de materiais que se encontram, principalmente, em meios ambientes vulneráveis e, frequentemente, regiões economicamente marginalizadas. À medida que a demanda por esses materiais aumenta, as pressões sobre essas regiões provavelmente serão cada vez maiores. Torna-se necessário que a indústria e o governo desenvolvam e apoiem estratégias de gerenciamento responsável para que a energia renovável se torne socialmente e ecologicamente sustentável e para reduzirmos os impactos adversos ao longo das cadeias de provisão e tecnologia.

O Sustainable Futures Institute (Instituto para Futuros Sustentáveis) da University of Technology Sydney (ISF UTS), sob o patrocínio da Earthworks, pesquisou as principais áreas de interesse e de oportunidades de reforma nas cadeias de insumos de energias renováveis, destacando os pontos mais urgentes e estratégicos para intervenção prioritária e pesquisa, inclusive:¹

1. **Melhorar** a reciclagem de baterias para reduzir a demanda de materiais associados com as baterias de veículos a bateria e outras tecnologias de energia renovável.
2. Sempre que a demanda não puder ser satisfeita com materiais reciclados, os minérios **originais** devem provir de operações de extração certificadas.
3. **Evitar** impactos negativos nas cadeias de insumos de veículos elétricos e suas baterias,

As aplicações de utilização de baterias de ‘segunda-vida’, o uso de reciclagem para a recuperação de metais usados na manufatura de baterias, e a redução de uso de carros particulares são estratégias chave para reduzirmos a necessidade de extração de metais para as baterias de EVs.

intensificados pelo consumo crescente de materiais; reduzir a severidade dos impactos e prolongar a vida útil das baterias.

Considerando essas prioridades, nossa pesquisa examina o estado atual e o efeito potencial de estratégias para reduzir a demanda de extração de materiais novos, especialmente de metais para as baterias de íons de lítio para veículos elétricos. Esse estudo ressalta quatro metais importantes para esse tipo de bateria: cobalto, lítio, níquel e cobre.²

Há uma série de estratégias que poderão reduzir a necessidade de nova extração para satisfazer a demanda de baterias de íons de lítio para veículos elétricos, tais como: prolongar a vida útil do produto por meio de um melhor design e reaproveitamento; reciclagem para recuperação dos metais no fim da vida útil. Determinamos, por exemplo, que a reciclagem tem o potencial de reduzir a demanda primária, comparada com a demanda total projetada para 2040, por aproximadamente 25% para o lítio, 35% para o cobalto e o níquel e 55% para o cobre. Isso cria uma oportunidade de redução significativa da demanda de nova extração. Contudo, dentro do contexto de uma procura cada vez maior de veículos elétricos, é importante implementar, simultaneamente, outras estratégias. A saber: reduzir o custo dos materiais e energia necessários para a reciclagem, promulgar políticas para desencorajar a aquisição de carros particulares e proporcionar um transporte público mais acessível. Mesmo que o potencial dessas estratégias ainda não seja totalmente apreendido, o relatório explora os méritos relativos, viabilidade, e implicações dessas estratégias de redução de demanda e faz recomendações para formulação de políticas em áreas chave.

¹ Dominish, E., Florin, N. e Teske, S., (2019) 'Responsible Minerals Sourcing for Renewable Energy'. Relatório preparado para a Earthworks pelo Sustainable Futures Institute da University of Technology Sydney.

² Baseados no parecer da Agência Internacional de Energia (IEA,) em Global EV Outlook 2020, nossas estimativas de demanda futura de metais baseiam-se em veículos elétricos a bateria (BEVs) e plug-in híbridos (PHEVs) de quatro tipos: veículos de passeio, veículos comerciais leves (LCVs), ônibus e caminhões.

Principais conclusões

Estratégias para reduzir a demanda de metais para baterias de íons de lítio para veículos elétricos

Esta seção resume as conclusões mais significativas das três áreas de foco do relatório: estratégias para reduzir a demanda de metais para as baterias de íons de lítio para veículos elétricos; quantificação das reduções potenciais em demanda primária, introduzidas pela reciclagem; e uma análise da falta de políticas e de impulsionadores para o estabelecimento de uma economia circular de baterias de íons de lítio.

Potencial de recuperação de metais nos mercados finais gerais

Existe, atualmente, a possibilidade madura, em escala industrial, de alcançar um índice de reciclagem acima de 60% nos mercados finais gerais de cobalto e níquel. Contudo, essa taxa é afetada pelos altos índices de reciclagem das superligas (no caso do cobalto), do aço inoxidável, e de ligas à base de níquel e cobre (no caso do níquel), que costumam ser reciclados no mesmo produto. Outros mercados para os metais de interesse apresentam, provavelmente, um índice bem menor de reciclagem que as baterias. O lítio tem um baixo índice de reciclagem (<1%), sendo frequentemente utilizado em aplicações onde a recuperação é difícil. O cobre tem uma taxa global de reciclagem estimada em 45%, com um processo maduro e integrado com a produção de cobre primário; contudo, existe o potencial de se aumentar a taxa de coleta e reciclagem em certas vertentes de refugo.

Potencial de recuperação de metais no fim da vida útil de baterias de íons de lítio

A reciclagem de baterias de íons de lítio é uma tecnologia madura; contudo, os processos atuais de reciclagem são limitados em sua capacidade de recuperar uma ampla gama de elementos com qualidade apropriada para a manufatura de novas baterias. A maior parte dos processos recupera apenas os elementos mais valiosos, geralmente o cobalto e frequentemente o níquel, com qualidade suficiente para a manufatura de cátodos de baterias novas. Outros metais (inclusive o lítio e o cobre) acabam, por vezes, recuperados para uso em outras indústrias (subciclados) ou perdidos no processo.

Há um número de processos, já estabelecidos, capazes de reciclar baterias de íons de lítio em escala muito grande e muitos outros estão sendo desenvolvidos. Estes processos futuros poderão reciclar o cobalto e o lítio e reciclar ou subciclar o níquel e o cobre. Contudo, **existe tecnologia que possibilita recuperar esses quatro metais em taxas superiores a 90%**; o índice atual de recuperação está limitado apenas pela falta de um forte impulsionador econômico e de políticas que encorajem o uso de materiais reciclados.

Uso potencial de metais reciclados na manufatura de baterias de íons de lítio

Atualmente, apenas uma pequena parte do suprimento de cobalto e níquel vem de fontes recicladas e muito pouco, ou praticamente nada, de lítio. O conteúdo reciclado desses metais que entra no processo de manufatura provavelmente vem de baterias de íons de lítio no fim da vida útil. Contudo, o volume desses metais, provenientes desta fonte, é pequeno em relação à demanda atual.

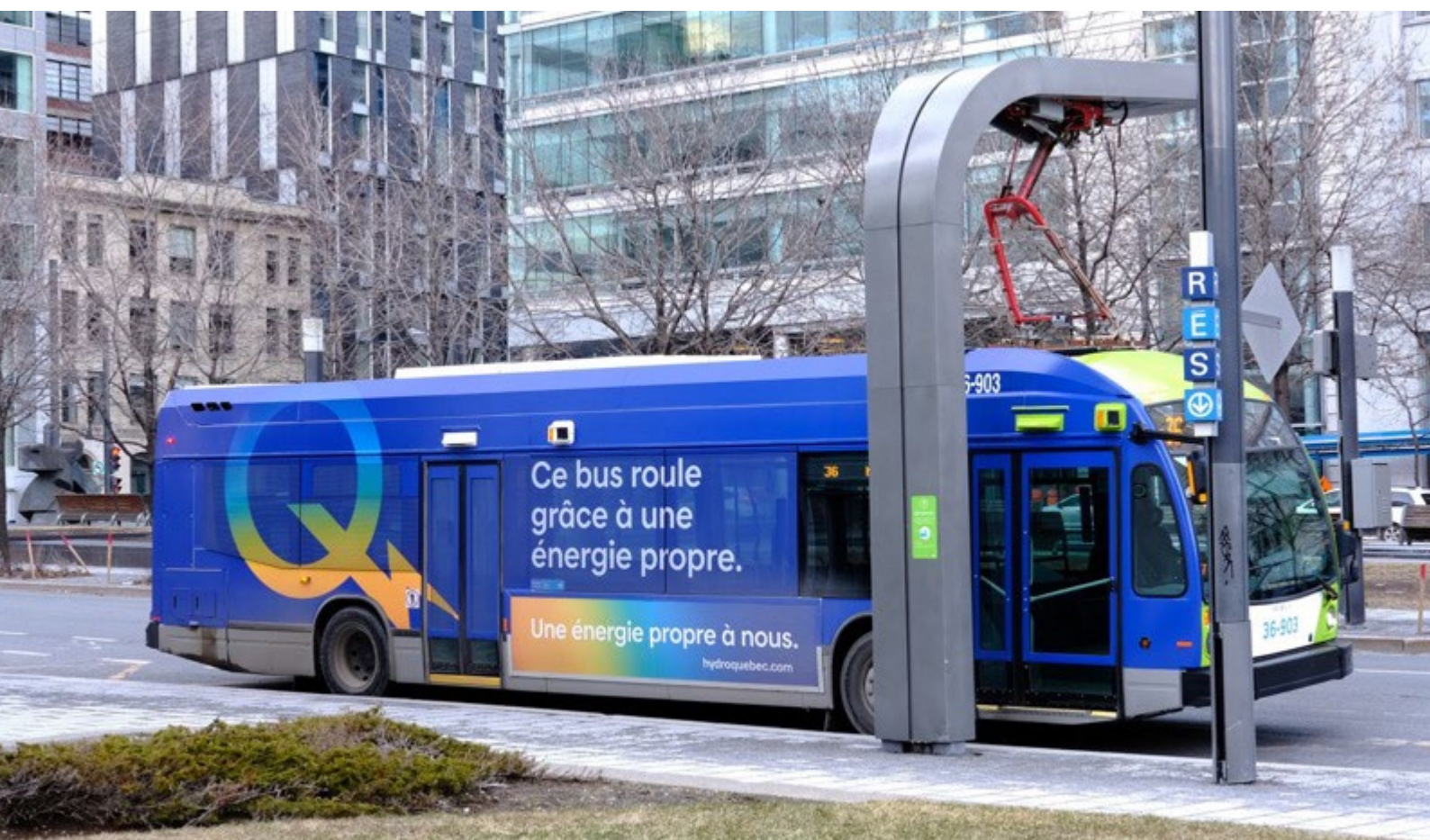
Algumas empresas de reciclagem, que já estão trabalhando diretamente com a cadeia de insumos na manufatura de baterias, poderão aumentar a utilização dessa fonte de recuperação. Os metais recuperados em outros importantes mercados finais dificilmente serão usados na manufatura de baterias de íons de lítio – o cobalto e o níquel provavelmente serão reciclados para o mesmo uso final, mas o lítio, geralmente, não é recuperado. No caso do cobre, uma quantidade maior dos insumos na indústria poderá vir da reciclagem. O cobre tem maior probabilidade de vir de outros mercados finais, já que o cobre secundário é processado como primário nas etapas de fundição e refinação. A recuperação do cobre não tem representado uma prioridade na reciclagem de baterias de íons de lítio.

No futuro, as baterias de íons de lítio de veículos, em fim da vida útil, serão uma importante fonte de metais secundários no caso do cobalto, lítio e níquel. Apesar de ser tecnicamente possível recuperar esses metais em outras fontes, as baterias usadas de íons de lítio virão a ser a fonte mais econômica para transformá-los, outra vez, em materiais precursores para outros usos. Já o cobre, mais provavelmente, virá de fontes gerais de reciclagem.

Potencial de redução da demanda de matéria prima para baterias de íons de lítio para veículos elétricos

A demanda de veículos elétricos particulares e de baterias de íons de lítio novas é que está impulsionando a procura de matérias primas para baterias. Isso poderá ser reduzido com o prolongamento da vida útil das baterias, o reaproveitamento e reutilização em aplicações de segunda vida e uma redução da aquisição de veículos particulares.

- **Durabilidade:** A duração atual das baterias está estimada entre 8 e 15 anos (baseada nas garantias oferecidas e dados de utilização). Contudo, vários Fabricantes de Equipamentos de Origem estão desenvolvendo baterias de maior durabilidade, podendo alcançar aproximadamente 20 anos. Uma das principais limitações dessa estratégia é que o consumidor provavelmente fará um upgrade do seu veículo antes de as baterias chegarem ao fim de suas vidas úteis.
- **Reutilização:** Programas de reutilização possibilitam que as baterias tenham uma “segunda vida” em uma nova aplicação, quando não forem mais consideradas utilizáveis em veículos elétricos. Os mercados de reutilização não estão ainda amplamente estabelecidos, mas já existe um certo grau de reutilização; por exemplo, baterias no fim da vida útil estão sendo reutilizadas em acumuladores estacionários, reaproveitadas em outros tipos de veículos e alguns Fabricantes de Equipamentos de Origem estão estudando a sua utilização em aplicações de-veículo-elétrico-para-veículo-elétrico. O mercado mais provável para baterias no fim da vida útil são os acumuladores de energia para redes, com um potencial de durabilidade de cerca de 12 anos. O mais provável é que esses esquemas sejam implementados pelos próprios Fabricantes de Equipamentos de Origem porque as variações no design das baterias e em sua química são tantas que limitam a sua reformulação e reutilização por terceiros.
- **Redução da aquisição de veículos particulares:** uma transição a favor do uso de transportes públicos, como trens, bondes e ônibus, bem como de transportes ativos, como a bicicleta, poderia reduzir o consumo de carros particulares. Contudo, ainda não temos as necessárias políticas e incentivos para que isso aconteça, especialmente dentro do contexto norte-americano. Os programas de compartilhamento de carros também têm o potencial de reduzir o número de carros particulares, apesar de, até hoje, ainda não haver um número suficiente deles para reduzir a aquisição de carros privados.



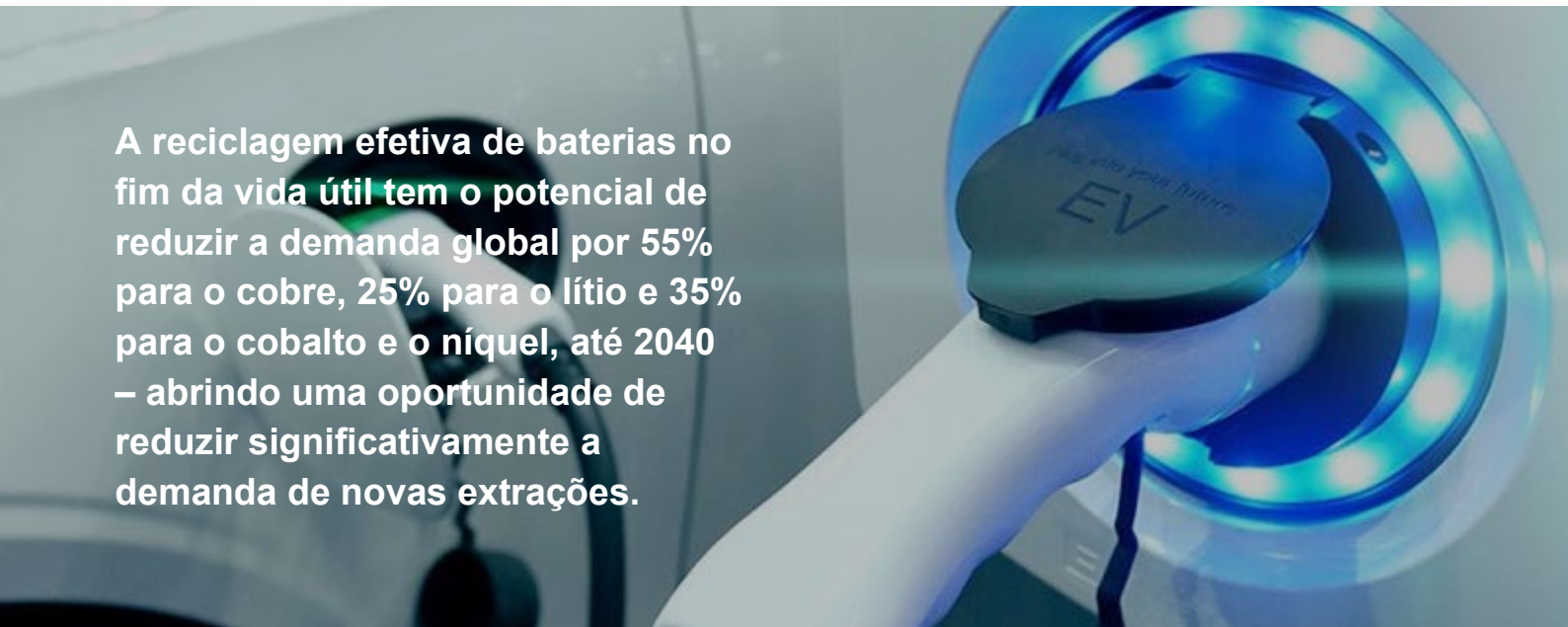
Quantificação das reduções potenciais de demanda primária por meio de reciclagem

O consumo futuro de cobalto, lítio, níquel e cobre foi quantificado para explorarmos como a demanda primária poderá ser minimizada com mudanças em reciclagem. Baseamo-nos nas projeções de adoção de veículos elétricos e de capacidade de baterias apresentadas no estudo *Global electric vehicle Outlook 2020* da Agência Internacional de Energia (AIE).

Nossa análise enfoca: a contribuição de conteúdos reciclados provenientes dos mercados finais gerais; a reciclagem de baterias de íons de lítio de veículos elétricos, no fim da vida útil (supondo que as taxas de recuperação continuem no nível atual e que o material reciclado seja utilizado na manufatura de baterias de íons de lítio novas); uma redução adicional da demanda, devida a melhores índices de recuperação, quantificada e comparada com a demanda total de metal. Esta análise permitiu que avaliássemos o potencial de redução de demanda de novas extrações. Determinamos que:

- **A reciclagem tem o potencial de reduzir a demanda primária, comparada com a demanda total em 2040, por cerca de 25% para o lítio, 35% para o cobalto e o níquel e 55% para o cobre. Isso abre a oportunidade de reduzir significativamente a demanda de novas extrações.**
- No caso de cobalto e níquel, a maior parte da redução de demanda primária provém do uso de metais reciclados de baterias de íons de lítio de veículos elétricos, no fim da vida útil; supusemos que a reciclagem continua no nível atual de recuperação, que já é relativamente elevado.
- No caso do lítio, quase toda a redução de demanda primária provém do uso de metais reciclados de baterias de íons de lítio de veículos elétricos, no fim da vida útil, com índices de recuperação melhorados. Isso é porque os índices de recuperação atuais são baixos, e o lítio é muito raramente recuperado em outros mercados finais, o qual continuará improvável no futuro.
- No caso do cobre, é o uso de conteúdo reciclado, provindo de mercados finais gerais, que mostra o maior impacto na redução de demanda primária, seguido pelo uso de metais reciclados de baterias de íons de lítio de veículos elétricos, no fim da vida útil, com um índice de recuperação melhorado.

Fica enfatizada a importância de manter os altos índices atuais de recuperação do cobalto e do níquel de baterias de íons de lítio de veículos elétricos, já que o número de baterias chegando ao fim da vida útil aumentará. É importante também melhorar o índice de recuperação de lítio e cobre na reciclagem dessas baterias. Além disso, a reaplicação desses metais de baterias de íons de lítio usados como materiais precursores será, provavelmente, a alternativa mais econômica, quando comparada com o retorno deles a metais puros, quando recuperados em outras fontes. Aumentar a recuperação do cobre em outros produtos no fim da vida útil, que atualmente apresentam baixo índice de reciclagem, também será importante para contribuir à redução de demanda de materiais primários.



A reciclagem efetiva de baterias no fim da vida útil tem o potencial de reduzir a demanda global por 55% para o cobre, 25% para o lítio e 35% para o cobalto e o níquel, até 2040 – abrindo uma oportunidade de reduzir significativamente a demanda de novas extrações.

Análise da falta de políticas e de impulsionadores para o estabelecimento de uma economia circular de baterias de íons de lítio

As políticas de melhores práticas no gerenciamento de baterias de veículos elétricos devem se harmonizar com os princípios de economia circular, que dá preferência a estratégias que asseguram um menor uso de materiais e energia, tais como evitar e reusar, antes de optar por reciclar ou descartar.

Apesar de que muitos mercados, como os Estados Unidos e a Austrália, já terem ou estarem desenvolvendo políticas e instrumentos regulatórios que encorajam a reciclagem, reuso e reaproveitamento de materiais de consumo eletrônicos e de baterias industriais, a maioria dos mercados não tem uma estrutura regulamentar direcionada, especificamente, às baterias de veículos elétricos. As estruturas regulamentares necessárias para suportar o design, coleta, transporte e aspectos logísticos, desmonte e outros tipos de processamento ainda estão subdesenvolvidas na maioria das jurisdições, tanto para a reciclagem quanto para a reutilização. É necessário agir já para garantir que os sistemas estarão em funcionamento quando grandes volumes de resíduo surgirem.

A União Europeia (UE) já fez um grande progresso no sentido de desenvolver políticas direcionadas a baterias de veículos elétricos, em conformidade com os princípios de economia circular. Isto se fez por meio de uma proposta de novos regulamentos que substituirão a Diretriz de Baterias. A proposta leva em consideração provisão responsável, notificação obrigatória da pegada de carbono e do conteúdo reciclado, exigências de informações quanto à durabilidade do produto e medidas para remover barreiras ao reuso. Em outras regiões a estrutura está menos desenvolvida. Na maioria das jurisdições, as principais lacunas em políticas e impulsionadores incluem:

- **Coleta:** diferentemente das baterias de chumbo ácido, há no momento uma falta de meios de devolução consistentes para os donos de automóveis, quando as baterias de seus carros chegam ao fim da sua vida útil. É importante que as baterias possam ser rastreadas durante suas vidas e que haja um bom fluxo de informação ao longo da cadeia de insumos. A educação dos principais interessados deve ser suficiente para que se estabeleçam mecanismos de coleta adequados.
- **Transporte:** Os regulamentos pertinentes ao transporte e outros aspectos logísticos, associados com o deslocamento de baterias de veículos elétricos no fim da sua vida útil, foram identificados como uma barreira significativa tanto para a reutilização quanto a reciclagem. Frequentemente, o problema reside na falta de separação entre exigências específicas para as baterias de veículos elétricos e os demais tipos de bateria. Ao passo que os Estados Unidos estão mais avançados em termos da regulamentação de baterias e que a proposta dos novos regulamentos que substituirão a Diretriz das Baterias tenta resolver alguns dos problemas na UE, em geral, os sistemas existentes para o gerenciamento de deslocação e transporte são complexos e podem levar a resultados prejudiciais.
- **Design:** no momento, as baterias de veículos elétricos são fabricadas por diversas empresas e apresentam diferenças em design, química, tamanho, formato e recomendações para o desmonte. Isso representa um desafio para a reciclagem. Como as baterias de veículos elétricos não costumam ser rotuladas, as empresas de reciclagem têm dificuldade em determinar que tipo de bateria estão recebendo. Além disso, os sistemas de gerenciamento de baterias não são padronizados e não há uma metodologia única para testar a saúde da bateria. Isso gera custos adicionais no processamento e torna especialmente problemático testar baterias para reuso. A maior barreira para a padronização são os interesses dos Fabricantes de Equipamentos de Origem, que desejam manter sua vantagem competitiva no mercado e proteger as informações especializadas do design de suas baterias de íons de lítio. Na falta de padronização, as aplicações de reutilização mais prováveis são parcerias entre os Fabricantes de Equipamentos de Origem e as empresas fornecedoras de energia.
- **Padronização da vida útil das baterias:** A falta de padronização, de jurisdição para jurisdição, representa uma barreira para o desenvolvimento da reciclagem e reutilização. São necessários: padrões de desempenho e durabilidade para as baterias de veículos elétricos de primeira e segunda vida; critérios quanto ao que constitui o estado de saúde e o fim da vida útil; padrões para o manuseio de baterias usadas; critérios para determinar a adequação de aplicações de segundo uso no fim da vida útil e a rotulagem da composição das baterias. As novas exigências de informação sobre o desempenho e durabilidade, propostas nos Estados Unidos, representam um passo positivo.

- **Definições e estruturas:** A definição de certos termos, especialmente “resíduo” e “reutilização”, não tem a clareza e especificidade necessárias para a adequada regulamentação de baterias de veículos elétricos destinadas à segunda vida ou reciclagem. Uma análise das políticas nos Estados Unidos determinou que a falta de clareza na terminologia impede que haja um arcabouço jurídico claramente definido, dentro do qual o mercado de baterias de segunda vida possa se desenvolver.
- **Garantia de qualidade e responsabilização pelas aplicações de segunda vida das baterias:** As incertezas em torno da responsabilização por dano e pelo desempenho das baterias de segunda vida podem ser um desincentivo ao reuso de baterias de veículos elétricos no fim da sua vida útil, comparado com o uso de baterias novas. Não existem, no momento, garantias regulatórias quanto a especificações de desempenho nas aplicações consideradas. Também não está claro se o Fabricante de Equipamentos de Origem será responsabilizado, no caso de a bateria de segunda vida causar algum dano. O resultado é que alguns Fabricantes de Equipamentos de Origem hesitam em permitir que suas baterias de EV sejam reusadas em aplicações de acumuladores de redes de energia, a menos que eles próprios retenham título enquanto perdura a segunda vida, juntamente com o direito de recuperar o valor potencial de reciclagem dos materiais, enquanto continuarem responsabilizados.

Para ler o relatório completo, em inglês, favor visitar:

<https://www.earthworks.org/publications/recycle-dont-mine/>

