

**RESUMO  
EXECUTIVO**



**ELLEN MACARTHUR  
FOUNDATION**

# **LIDERANDO A TRANSIÇÃO**

**TRANSFORMANDO  
RISCOS EM  
RECOMPENSAS COM UMA  
ECONOMIA CIRCULAR  
PARA BATERIAS DE  
VEÍCULOS ELÉTRICOS  
E MINERAIS CRÍTICOS**

O mercado de veículos elétricos está expandindo rapidamente e, com eles, também aumenta o uso de baterias e os minerais críticos que sustentam essa transição. Essa mudança está criando novas oportunidades comerciais, mas também está deslocando a indústria automotiva de cadeias de valor centradas em combustíveis para cadeias de valor centradas em materiais, expondo empresas e economias à volatilidade de preços, gargalos de oferta e crescentes riscos ambientais e sociais.

Elaborado pela Fundação Ellen MacArthur, este relatório apresenta como uma visão prática, estrutural e sistêmica da economia circular pode transformar a economia de baterias para veículos elétricos, destravando valor econômico ao mesmo tempo em que fomenta sua resiliência. O documento propõe um modelo de visão sistêmica no qual as baterias entregam o máximo possível de serviços de mobilidade e energia; são mantidas em uso de alto valor por meio de manutenção, reparo, recondição e remanufatura; e, ao final, são coletadas e recicladas com alta qualidade, de modo que os minerais críticos nunca se tornem resíduos.

Este relatório traduz essa ambição em cinco ciclos circulares complementares (desde o uso intensivo, extensão de vida útil e cascata para aplicações de segunda vida, até a reciclagem de alta qualidade e o intercâmbio de informações que viabiliza esses ciclos) e três níveis de ação circular: design de produtos e componentes, modelos de negócio e os sistemas mais amplos de infraestrutura, financiamento e políticas públicas. Nosso modelo de visão foi construído com base em mais de 15 anos de pesquisa, advocacy e colaboração em economia circular, envolvendo setores público e privado e uma ampla variedade de indústrias.

Ancorado em exemplos práticos e em “áreas de destaque” já emergentes ao longo da cadeia de valor, e informado por interações diretas com stakeholders e lideranças do setor, o relatório apresenta recomendações com foco comercial para as indústrias de baterias para veículos elétricos e atores associados — fabricante do equipamento original (OEMs por sua sigla em inglês) e fabricantes de baterias, recicladores e operadores logísticos, empresas de energia e mobilidade, formuladores de políticas públicas e investidores — com o objetivo de acelerar uma economia circular de baterias que seja competitiva, escalável e justa. O documento sintetiza os principais alavancadores de decisão para ação imediata e oferece uma base para que organizações aprofundem análises e implementações em seus próprios contextos.

## Escopo e objetivo

É importante considerar o escopo. Este relatório não tem a intenção de ser um catálogo exaustivo de todas as intervenções circulares, mecanismos de negócio ou instrumentos de política pública. A ausência de abordagens específicas não implica que sejam menos relevantes. Além disso, o relatório não busca reproduzir projeções quantitativas ou modelagens de cenários já apresentadas em estudos sobre minerais críticos e reciclagem. Em vez disso, foi elaborado para um público que abrange toda a cadeia de valor e prioriza temas com aplicabilidade comercial imediata, que podem ser impulsionados por colaboração, investimento e advocacy em políticas públicas — e fortalecidos pela expertise e pelo papel de articulação da Fundação Ellen MacArthur.

Enxergamos esta publicação como um dos primeiros passos de uma agenda plurianual da Fundação Ellen MacArthur dedicada a acelerar a economia circular para minerais críticos na cadeia de valor de baterias para veículos elétricos. A partir das áreas de destaque apresentados, trabalharemos com parceiros, membros e demais stakeholders para desenvolver análises mais aprofundadas, caminhos de implementação setoriais e propostas detalhadas de colaboração entre indústrias, com o objetivo de mobilizar ações em escala.

**Jonquil Hackenberg**  
CEO  
Fundação Ellen MacArthur

**Wen-Yu Weng**  
Líder Executiva – Minerais Críticos  
Fundação Ellen MacArthur

## Baterias de veículos elétricos: uma prioridade estratégica crescente

**As baterias de veículos elétricos (VE) estão se tornando uma classe de ativos estratégica na transição energética.** À medida que sua adoção se acelera, a indústria automotiva passa de veículos centrados em combustíveis para veículos centrados em materiais. Estima-se que um veículo elétrico típico contenha mais de 200 kg de minerais críticos — cerca de seis vezes mais do que um veículo com motor de combustão interna. Mais especificamente, as baterias de VE dependem de uma série de minerais críticos valiosos, como lítio, grafite, cobalto e níquel.

**Atualmente, a cadeia de valor de baterias para veículos elétricos permanece altamente intensiva em materiais, geograficamente concentrada e estruturalmente linear, o que gera riscos sistêmicos à medida que a demanda cresce.** Possíveis déficits de oferta de minerais-chave, exposição a impactos ambientais e sociais, e desafios nas etapas de mineração, processamento, fabricação e reciclagem podem aumentar custos, desestabilizar mercados, intensificar a volatilidade de preços e desacelerar a expansão. Em conjunto, essas dinâmicas ampliam a fragilidade da cadeia de valor justamente no momento em que o sistema precisa escalar rapidamente.

**É necessário um redesenho circular sistêmico ao longo de toda a cadeia de valor.** Um redesenho mais amplo de produtos e componentes, modelos de negócio e do sistema energia-mobilidade é essencial para fortalecer a resiliência e reduzir riscos sistêmicos. Escalar a transição para baterias circulares em veículos elétricos exige, portanto, ir além de soluções incrementais ou paliativas avançando para um redesenho em nível sistêmico — capaz de gerar oportunidades econômicas ao longo da cadeia de valor, reduzir a intensidade material, mitigar riscos de abastecimento e diminuir impactos ambientais e sociais.



## Economia circular: transformando risco em vantagem competitiva

**Uma abordagem de economia circular pode converter esses desafios em oportunidade competitiva.** Ao manter as baterias e os minerais críticos em uso de alto valor ao longo de múltiplos ciclos de vida — e ao projetar os sistemas de mobilidade, energia, dados e políticas públicas que os sustentam — uma economia circular de baterias para veículos elétricos torna-se economicamente viável em escala. Para líderes empresariais ao longo da cadeia de valor, essa abordagem não é um complemento, mas um instrumento estratégico para a liderança executiva, capaz de:

- **Proteger margens** ao aumentar a utilização, estender a vida útil das baterias e evitar substituições prematuras
- **Reduzir a exposição a mercados voláteis** de minerais e a cadeias de suprimento concentradas
- **Criar novas fontes de receita e modelos de negócio** ao gerir baterias e materiais como ativos (serviços, upgrades, segunda vida e fluxos circulares de minerais)

- **Fortalecer a resiliência** e a licença para operar em um contexto de disrupções geopolíticas e regulação mais rigorosa.

**A forma como os minerais críticos nas baterias de veículos elétricos são extraídos, utilizados e recuperados determina grande parte do valor e do risco ao longo da cadeia de valor — tornando a economia circular um imperativo estratégico para líderes da indústria.**

As decisões empresariais que orientam a gestão desses minerais — por meio de estratégias, modelos de negócio e design — terão impactos profundos tanto sobre o valor comercial capturado pelas empresas quanto sobre sua exposição a riscos de abastecimento, custos e outras incertezas ao longo da cadeia de valor de baterias para veículos elétricos. À medida que o mercado de VE entra em uma fase de rápida expansão, a janela para moldar esses sistemas operacionais é agora: investimentos antecipados em abordagens de economia circular oferecem o maior potencial para destravar resiliência, competitividade e valor de longo prazo.

## Superando barreiras organizacionais: rumo a uma estratégia em nível sistêmico

**A narrativa e os esforços atuais de economia circular ainda permanecem fragmentados e, em muitos casos, concentram-se nas etapas de fim de vida.** Análises robustas sobre o crescimento da demanda por veículos elétricos, restrições de minerais, capacidade de reciclagem e caminhos de políticas públicas já foram desenvolvidas, e ações da indústria foram mobilizadas — em sua maioria focadas na reciclagem e, em menor medida, na segunda vida. No entanto, esse foco restrito pode limitar a adoção de alavancas relevantes, inovadoras e de maior valor agregado que poderiam ser aplicadas antes da reciclagem. Ao mesmo tempo, o descompasso entre oferta e demanda permanece sem solução no curto prazo, devido ao significativo intervalo de tempo entre a produção das baterias e o fim de sua primeira vida, enquanto uma pressão desproporcional é colocada sobre a rápida expansão da infraestrutura de reciclagem, sem considerar um conjunto mais amplo de soluções de fim de vida.

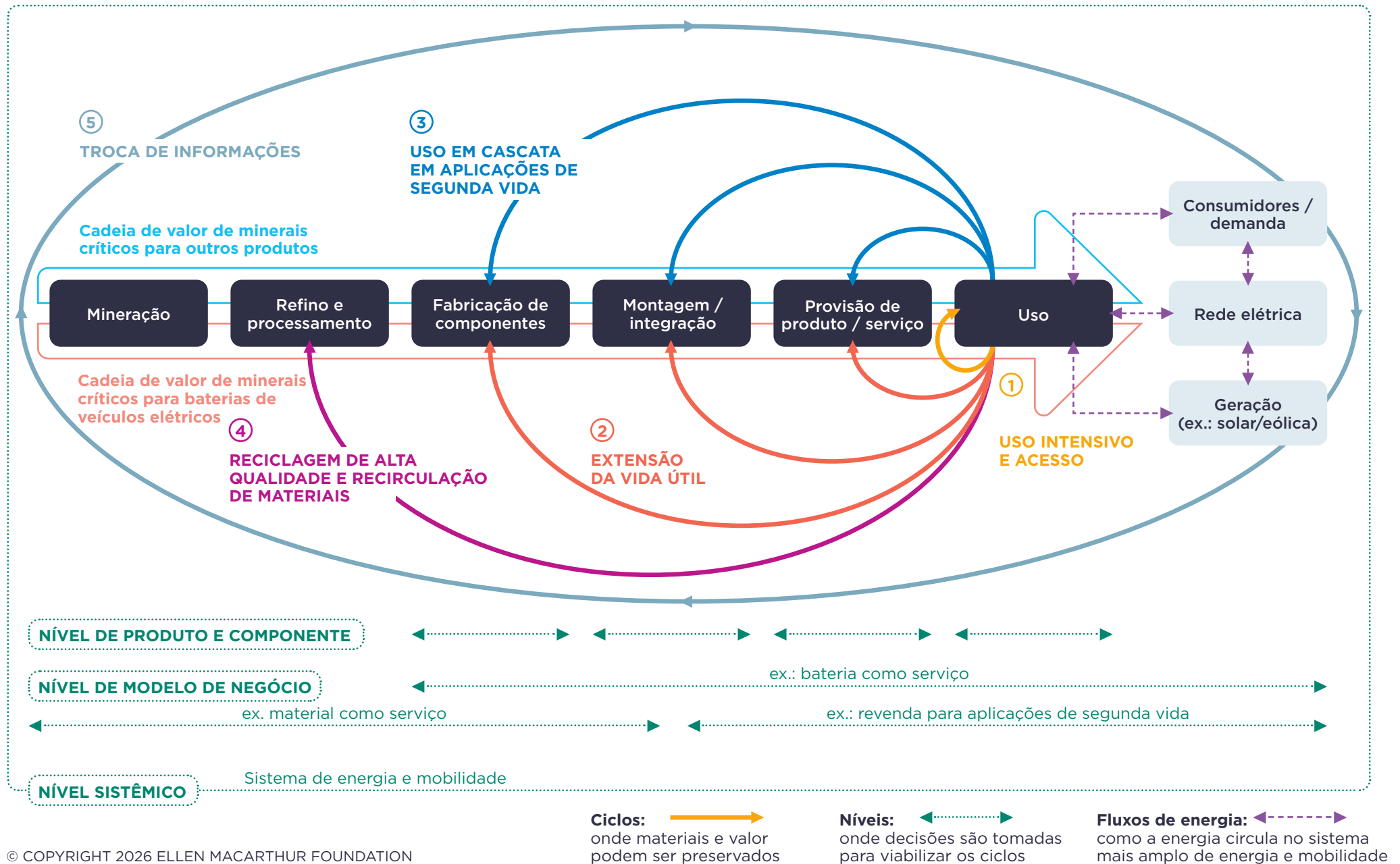
**A visão de economia circular apresentada neste relatório busca, intencionalmente, reequilibrar a discussão e a ambição — deslocando o foco da otimização do fim de vida para um redesenho em nível sistêmico.** Os benefícios econômicos da economia circular para baterias de veículos elétricos são alcançados por meio de ações coordenadas e alinhadas entre os atores da cadeia de valor, e não por iniciativas isoladas. As decisões tomadas em cada etapa da cadeia podem restringir ou viabilizar a economia circular em todas as demais. Por exemplo, decisões a montante relacionadas ao design e à arquitetura das baterias, ao acesso a dados e à sua titularidade determinam como essas baterias poderão circular, na prática, a jusante. Da mesma forma, o acesso a mercados, padrões e sinais regulatórios influenciam a capacidade dos atores a montante de inovar e investir em atividades circulares com segurança. As interdependências, trade-offs e questões em aberto precisarão ser modeladas e adaptadas às realidades locais de mercado e regulação, de modo a permitir que líderes empresariais e formuladores de políticas públicas gerenciem baterias e seus minerais críticos como os ativos estratégicos que são.

**O resultado é um marco relevante do ponto de vista comercial, que apoia lideranças a transformar ambições de economia circular — antes dispersas em projetos piloto — em uma estratégia coerente ao longo da cadeia de valor,** evidenciando tanto o valor financeiro tangível quanto os benefícios estratégicos mais amplos. O relatório oferece uma linguagem comum para alinhar investimentos, parcerias e desenvolvimento de capacidades, além de identificar perdas de valor, acúmulo de riscos e as intervenções capazes de gerar os maiores retornos sistêmicos. Essa abordagem é traduzida em ação por meio de duas lentes:

- 1. Cinco ciclos circulares para baterias de veículos elétricos,** que ilustram os “ciclos internos”, onde se retém maior valor (uso intensivo, extensão de vida útil e uso em cascata), o “ciclo externo” de reciclagem de alta qualidade, e o ciclo transversal de intercâmbio de informações, que atua como um habilitador fundamental em todo o sistema
- 2. Três níveis de ação** que operacionalizam a economia circular, demonstrando como o pensamento circular pode ser aplicado para gerar mudanças sistêmicas em cada nível:
  - Design de produtos e componentes
  - Modelos de negócio
  - Sistemas

## Como a economia circular impulsiona a inovação e a criação de valor em todo o sistema de minerais críticos de baterias de VE

5



## Mobilizando a mudança sistêmica: cinco áreas de destaque para ação estratégica

**Cinco principais “áreas de destaque” — oportunidade de alto potencial para colaboração ao longo da cadeia de valor — foram identificados** com base em insights coletados junto a stakeholders da cadeia e em estudos de caso reais. Para cada um deles, o relatório apresenta primeiros passos imediatos que os atores do sistema podem adotar para impulsionar avanços significativos.

Lideranças ao longo da cadeia de valor de baterias para veículos elétricos podem agir agora, concentrando-se em cinco ações estratégicas:

### 1. Projetar baterias para circularidade, e não para descarte

Repensar as baterias de veículos elétricos não como ativos de uso único, mas como componentes duráveis de um sistema mais amplo de mobilidade e energia, projetados intencionalmente para durar, serem desmontados e reutilizados em diferentes aplicações ao longo de múltiplos ciclos de vida. Para isso, o sistema deve incorporar, desde o início, modularidade, desmontagem segura/desvinculação de componentes (debonding), diagnóstico e rastreabilidade, de modo que reparo, remanufatura, segunda vida e reciclagem de alta qualidade sejam tecnicamente e economicamente viáveis em escala.

### 2. Repensar o papel das baterias em sistemas energia-mobilidade otimizados

Redefinir o valor das baterias não como a maximização da capacidade em cada veículo, mas como a entrega do desempenho adequado para cada uso, com sistemas de mobilidade projetados para oferecer acesso a serviços, e não baterias cada vez maiores. Isso pode ser alcançado ao substituir produtos superdimensionados e excessivamente especificados por soluções ajustadas às necessidades reais. Essa mudança deve ser apoiada pelo redesenho do sistema energia-mobilidade, redefinindo as expectativas padrão sobre requisitos veiculares e permitindo que os usuários acessem utilidade funcional igual ou superior por meio da inovação em modelos de serviço ao longo da cadeia de valor de baterias.

### 3. Escalar modelos de negócio circulares

Reenquadrar baterias e materiais não como produtos vendidos uma única vez, mas como ativos geridos ao longo do tempo por meio de modelos que recompensem durabilidade, desempenho, recuperação e uso em aplicações de segunda vida, ao longo de múltiplos ciclos. Isso inclui a expansão de modelos como Battery-as-a-Service, assinaturas de manutenção e upgrade, garantias baseadas em desempenho, ofertas estruturadas de segunda vida e iniciativas de Material-as-a-Service, de forma que durabilidade, disponibilidade operacional, recuperação e valor residual se tornem incentivos comerciais e resultados financiáveis, e não aspectos secundários.

### 4. Construir e co-investir em infraestrutura circular regional

Reimaginar a cadeia de valor de baterias como uma rede intencionalmente projetada de infraestrutura regional e inter-regional que permita a circulação eficiente, resiliente e transparente de materiais. Isso implica tratar atividades como coleta, triagem, teste/classificação, reparo/remanufatura, reaproveitamento e reciclagem como infraestrutura essencial; além de reduzir riscos por meio de modelos de investimento compartilhado e contratos de longo prazo de fornecimento (feedstock) e escoamento (offtake), que tornem os fluxos circulares mais previsíveis.

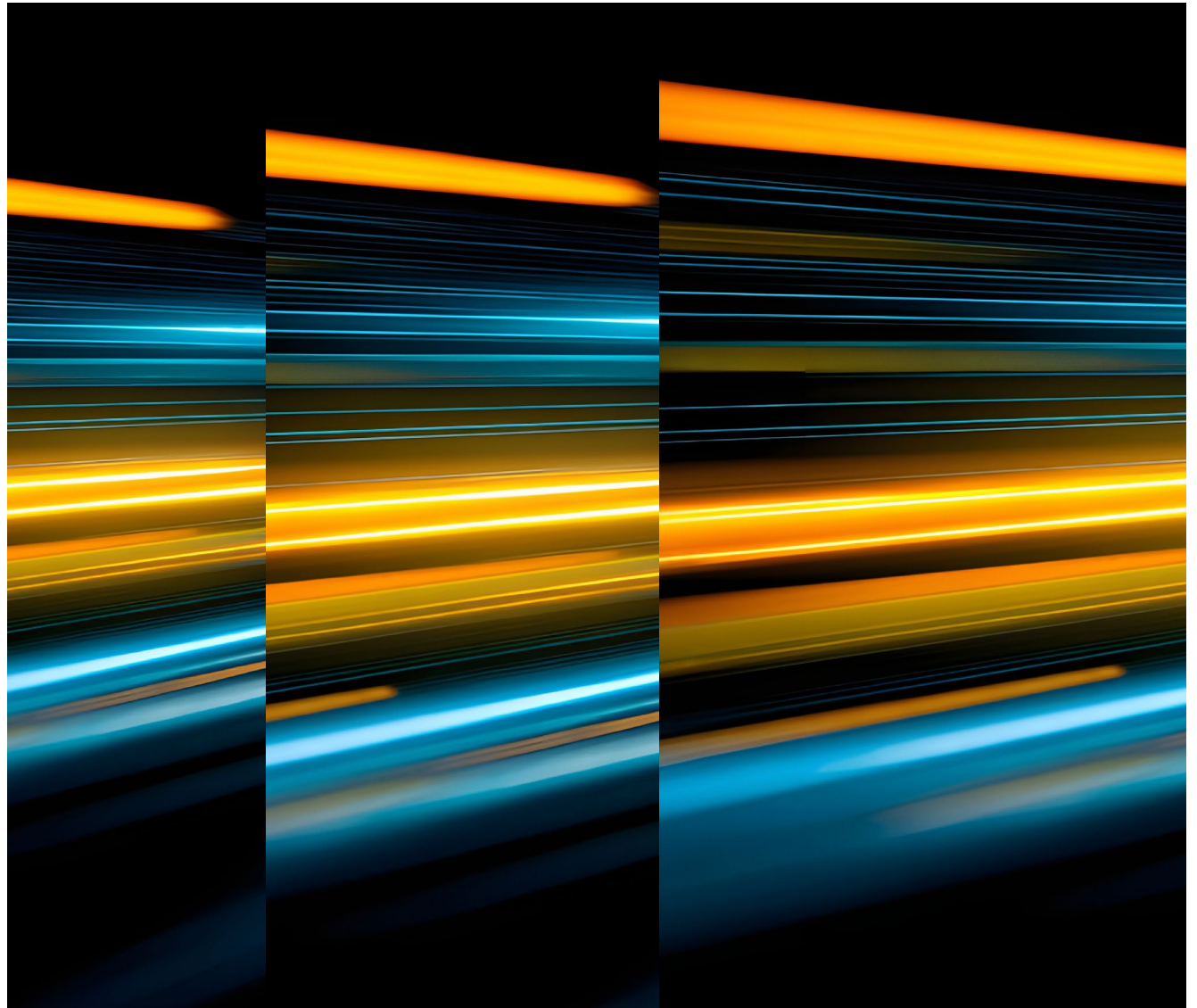
### 5. Criar as condições para que o sistema operacional circular funcione

Reduzir custos de transação e aumentar a confiança de empresas e investidores para operar ciclos de reparo, reutilização e reciclagem em escala, por meio da criação da transparência e rastreabilidade necessárias sobre fluxos atualmente pouco visíveis na economia de baterias. Isso pode ser viabilizado com a implementação de passaportes de baterias interoperáveis e padrões comuns de dados; o alinhamento de definições e requisitos (como classificação de fim de vida, regras de transporte e tratamento); e o fortalecimento de mecanismos de garantia, permitindo que mercados secundários de baterias e materiais operem em escala com menores custos e riscos — indo além da conformidade regulatória e estruturando a infraestrutura de mercado.

**Há 15 anos, a Fundação Ellen MacArthur tem mobilizado uma poderosa rede de empresas e formuladores de políticas públicas em torno de uma visão de uma economia que funciona de forma diferente.** Para

catalisar a implementação em escala, a Fundação conecta atores ao longo das cadeias de valor que podem avançar rapidamente, aprender, adaptar-se e sustentar o progresso. Nesse contexto, já engajamos mais de 30 atores da indústria de baterias para veículos elétricos, representando todas as etapas da cadeia de valor — da extração e processamento à fabricação, prestação de serviços e reprocessamento no fim de vida — para desenvolver uma visão de economia circular preparada para o futuro do setor. A partir de nossa posição única na interseção entre negócios e políticas públicas, nosso objetivo é impulsionar três tipos de ação na cadeia de valor de baterias para veículos elétricos: estabelecer uma direção clara e promover alinhamento para a ação empresarial — da qual este relatório representa um passo inicial; viabilizar uma colaboração eficaz para mobilizar investimentos e inovação por meio de novas redes localizadas, joint ventures, infraestrutura compartilhada e co-investimento; e avançar na advocacy coletiva para reformular as condições regulatórias e de políticas públicas necessárias para o sucesso de um sistema circular de baterias para veículos elétricos.

**Reenquadrar as baterias de veículos elétricos como ativos circulares de alto valor tem potencial transformador. Com uma visão clara de onde o valor é criado ou perdido, onde os riscos estão se acumulando e quais intervenções geram os maiores retornos em nível sistêmico, a indústria pode ir além de iniciativas circulares fragmentadas e construir resiliência e valor de longo prazo — protegendo margens, transformando modelos de negócio e fontes de receita, reduzindo a exposição a riscos de abastecimento e mantendo os minerais críticos em circulação.**



## EQUIPE PRINCIPAL

### **Wen-Yu Weng**

Líder Executiva – Minerais Críticos

### **Cindy Venho**

Gerente de Programa  
– Minerais Críticos

### **Lenaïc Gravis**

Gerente de Desenvolvimento  
Editorial

### **João Merico**

Associado Sênior de Estratégia –  
Minerais Críticos

### **Shaobo Zhou**

Analista de Projetos  
(escritório da China)

### **Hanxiang Cong**

Gerente de Projetos  
(escritório da China)

### **Ian Banks**

Consultor Editorial Independente

## EQUIPE AMPLIADA

### **Alex Hedley**

Designer Gráfico Sênior

### **Ariel Bramble**

Gerente Sênior de Desenvolvimento  
– Receita

### **Constance des Courieres**

Oficial de Políticas de Minerais  
Críticos – Políticas Públicas

### **Danoush Mohajeri**

Gerente de Parcerias  
– Minerais Críticos

### **Emily Pearce**

Gerente de Projetos  
de Comunicação

### **Katie Attrill**

Gerente de Rede – Minerais Críticos

### **Laura Collacott**

Editora Independente

### **Matt Barber**

Designer Gráfico

### **Pip Dragonetti**

Gerente Sênior de Desenvolvimento  
– Filantropia

### **Yisong Guan**

Representante-Chefe do Escritório  
de Pequim

### **Ziwei Yang**

Gerente de Comunicação  
(escritório da China)

## CONTRIBUIDORES

A Fundação Ellen MacArthur agradece às organizações e aos indivíduos que contribuíram para o desenvolvimento deste relatório por meio de suas contribuições construtivas. Agradecemos aos nossos parceiros e membros, bem como a stakeholders-chave da indústria, cujo conhecimento especializado e feedback fortaleceram este trabalho.

### **Africa E-Mobility Alliance**

### **Arkema**

### **BASF**

### **BMW Group**

### **CATARC**

### **Cling Systems**

### **Contemporary Amperex Technology Co Ltd (CATL)**

### **DHL Service Logistics**

### **Global Battery Alliance**

### **GRST**

### **ICCT**

### **ICMM**

### **JLR**

### **Polestar**

### **SINTEF**

### **Stena Recycling**

### **Syensqo**

### **The Faraday Institution**

### **United Nations Environment Programme (UNEP)**

### **Volvo Cars**

### **Zhejiang Huayou Recycling Technology Co., Ltd.**

Ressaltamos que a contribuição para este relatório, ou qualquer parte dele, bem como qualquer referência a organizações terceiras no estudo, não indica qualquer tipo de parceria ou relação de agência entre os contribuintes e a Fundação, nem constitui endosso, por parte desses contribuintes ou terceiros, das conclusões ou recomendações apresentadas.

## **SOBRE A FUNDAÇÃO ELLEN MACARTHUR**

A Fundação Ellen MacArthur é uma organização internacional sem fins lucrativos que desenvolve e promove a economia circular para enfrentar alguns dos maiores desafios do nosso tempo, como as mudanças climáticas, a perda de biodiversidade, os resíduos e a poluição. Trabalhamos com nossa rede de tomadores de decisão dos setores público e privado, bem como com a academia, para desenvolver capacidades, explorar oportunidades de colaboração e projetar e implementar iniciativas e soluções de economia circular.

Cada vez mais baseada em energia renovável, a economia circular é orientada pelo design para eliminar resíduos, manter produtos e materiais em circulação e regenerar a natureza, criando resiliência e prosperidade para empresas, o meio ambiente e a sociedade.

Mais informações:  
[ellenmacarthurfoundation.org](https://ellenmacarthurfoundation.org)

Para citar este relatório, utilize a seguinte referência:  
 Fundação Ellen MacArthur, Liderando a transição:  
 Transformando Riscos Em Recompensas Com Uma  
 Economia Circular Para Baterias De Veículos Elétricos  
 E Minerais Críticos (2026)

## **AVISO LEGAL**

Este documento foi elaborado pela Fundação Ellen MacArthur (a “Fundação”). A Fundação empregou cuidado e diligência na sua preparação, com base em informações que considera confiáveis, mas não faz quaisquer declarações nem oferece garantias, confirmações ou compromissos (expressos ou implícitos) em relação a este documento ou a qualquer parte de seu conteúdo (quanto à sua exatidão, integralidade, qualidade, adequação a qualquer finalidade, conformidade com a legislação ou outros aspectos). A Fundação não monitora nem modera quaisquer sites ou recursos externos mencionados ou vinculados neste documento. Este documento não tem caráter exaustivo e nenhum de seus conteúdos deve ser interpretado como aconselhamento de qualquer natureza. Qualquer confiança depositada neste material é de exclusiva responsabilidade e risco do leitor.

Na máxima extensão permitida pela legislação aplicável, a Fundação, cada entidade de seu grupo e cada uma de suas organizações associadas, bem como seus respectivos empregados, colaboradores, dirigentes, agentes e representantes, eximem-se integralmente de qualquer responsabilidade por perdas ou danos de qualquer natureza (sejam diretos ou indiretos, e decorrentes de contrato, ato ilícito, descumprimento de obrigação legal ou outros), resultantes de ou relacionados a este documento ou a qualquer parte de seu conteúdo.

A Fundação não é fornecedora de, nem possui qualquer afiliação com, e não recomenda nem endossa quaisquer terceiros ou os produtos ou serviços mencionados neste documento.



© COPYRIGHT 2026  
ELLEN MACARTHUR FOUNDATION

[www.ellenmacarthurfoundation.org](http://www.ellenmacarthurfoundation.org)

Charity Registration No.: 1130306  
OSCR Registration No.: SC043120  
Company No.: 6897785