



LOGÍSTICA REVERSA DE BATERIAS DE ÍON DE LÍTIO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS



CESMAC
CENTRO UNIVERSITÁRIO

2024

CENTRO UNIVERSITÁRIO CESMAC

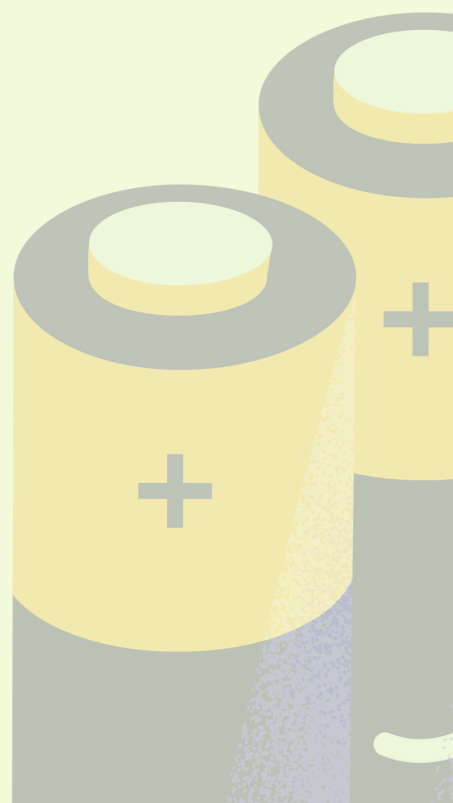
Programa de Pós-Graduação em Análise de
Sistemas Ambientais

AUTORES

Danilo Sinésio da Silva
Juliane Cabral Silva
Lívia Maria Batista Vilela
Dra. Mayara Andrade Souza

REVISOR

Paulo Rodrigo Santos



FICHA CATALOGRÁFICA

Catálogo na Fonte
Departamento de Tratamento Técnico
Bibliotecária responsável: Siméia Santos CRB-4 2377

S586l Silva, Danilo Sinésio da.
Logística reversa: de baterias de íon de lítio de veículos elétricos [recurso eletrônico] /
Danilo Sinésio da Silva, Juliane Cabral Silva, Lívia Maria Batista Vilela, Mayara Andrade
Souza.- Maceió: Editora CESMAC, 2024.
25 p. : il. ; PDF

Inclui bibliografia
ISBN: 978-65-01-13335-5

1. Logística reversa. 2. Baterias de íon. 3. Lítio. I. Silva, Juliane Cabral. II. Vilela, Lívia
Maria Batista. III. Souza, Mayara Andrade. IV. Título.

CDU:504.5

Produto final da dissertação de mestrado de Danilo Sinésio da Silva.
2024.

SUMÁRIO

Apresentação	3
1. O que são as baterias de íon de lítio	4
2. Onde elas são usadas	6
3. O impacto do descarte inadequado	7
4. Logística reversa	8
5. Economia linear vs. Economia circular	10
6. Baterias nos veículos	12
7. Baterias vs. Combustíveis fósseis	13
8. Brasil no cenário da reciclagem de baterias	15
9. <i>Second life</i> das baterias	17
10. Considerações finais	19
11. Atividades	20
12. Respostas	22
13. Referências	24
Agradecimentos	26

APRESENTAÇÃO

As baterias são fundamentais na vida moderna, alimentando dispositivos eletrônicos e veículos elétricos, além de facilitar o uso de energias renováveis. Elas oferecem mobilidade e eficiência, contribuindo para a transição energética e a diminuição do uso de combustíveis fósseis.

No entanto, a produção e o descarte inadequado de baterias geram preocupações ambientais. A extração de metais como lítio e cobalto pode causar danos ecológicos, e o descarte no lixo comum contamina o solo e a água, ampliando os riscos ao meio ambiente.

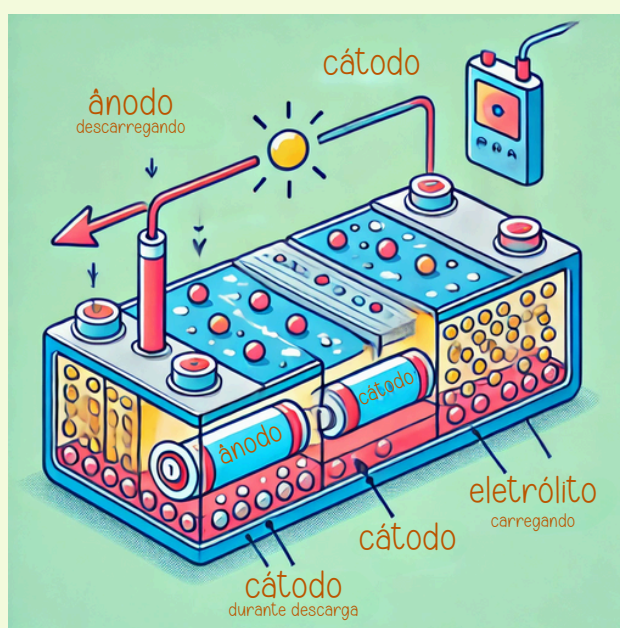
Para mitigar esses impactos, é essencial reciclar e descartar corretamente as baterias. A conscientização pública e o desenvolvimento de tecnologias mais sustentáveis são cruciais para minimizar os danos e garantir um futuro mais equilibrado entre tecnologia e preservação ambiental.

Esta cartilha tem como objetivo informar sobre como deve acontecer a destinação das baterias de íon de lítio, principalmente as provenientes de veículos elétricos, evitando a contaminação do meio ambiente e a extração de recursos naturais além do que já ocorre. Assim, ela se destina ao público em geral, bem como aos setores de transporte. A cartilha é um produto do projeto de mestrado do autor.

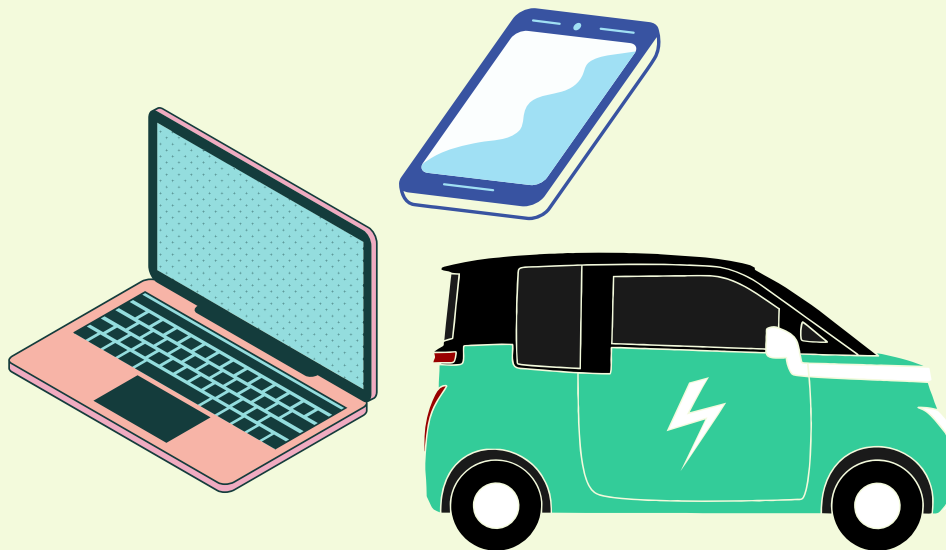
1. O QUE SÃO BATERIAS DE ÍON DE LÍTIO

As **baterias de íon de lítio** são um tipo de bateria recarregável muito comum em dispositivos eletrônicos, como celulares, laptops e tablets. Elas funcionam **armazenando energia elétrica** dentro de pequenos compartimentos chamados “células”, que contêm lítio, um metal leve. Quando você usa um aparelho, a energia é liberada dessas células para alimentar o dispositivo (Yoshino, 2012; Reis *et al.*, 2021).

Uma bateria de íon de lítio funciona movendo íons de lítio entre dois eletrodos, o ânodo e o cátodo, através de um eletrólito. Quando a bateria está carregando, os íons de lítio se deslocam do cátodo para o ânodo, onde ficam armazenados. Quando a bateria é usada para alimentar um dispositivo, os íons retornam ao cátodo, liberando energia que é convertida em eletricidade para fazer o dispositivo funcionar. Esse processo é reversível, permitindo que a bateria seja recarregada muitas vezes (Yoshino, 2012).



Essas baterias são populares porque são leves, duram bastante tempo e podem ser recarregadas muitas vezes sem perder muita capacidade. Por isso, são usadas em muitos aparelhos do dia a dia, além de carros elétricos e sistemas de energia solar. A capacidade de armazenar muita energia em um espaço pequeno faz das baterias de íon de lítio uma escolha ideal para **tecnologia portátil e veículos** (Reis *et al.*, 2021).

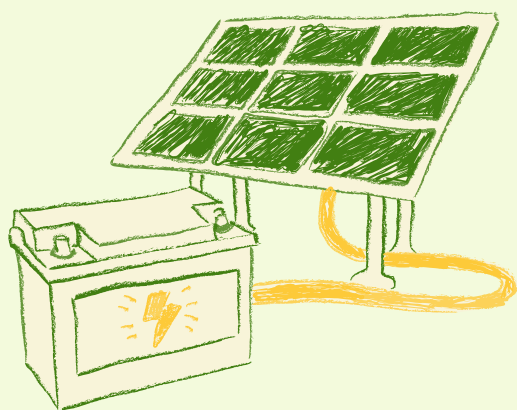


Contudo, é importante cuidar bem dessas baterias, evitando expor a temperaturas extremas ou danificá-las, pois isso pode diminuir seu desempenho ou até causar acidentes. Além disso, quando não são mais úteis, elas devem ser **descartadas de forma adequada** para evitar impactos ao meio ambiente. Mas vamos falar disso mais adiante...

2. ONDE ELAS SÃO USADAS?

As baterias de íon de lítio são muito usadas em dispositivos que usamos todos os dias, como celulares, laptops e tablets. Elas são leves, recarregáveis e duram bastante, o que as torna ideais para alimentar esses aparelhos portáteis. Por isso, estão presentes em quase todos os dispositivos eletrônicos que carregamos conosco.

Por serem tão eficientes e poderosas, as baterias de íon de lítio também são usadas em **sistemas de energia solar**, armazenando a energia gerada durante o dia para que possa ser usada à noite ou em dias nublados. Isso ajuda a garantir um fornecimento constante de eletricidade, mesmo quando o sol não está brilhando.



Além disso, essas baterias são essenciais nos **veículos elétricos**, como carros e motos. Nos veículos elétricos, as baterias de íon de lítio armazenam a energia que faz o motor funcionar, substituindo o uso de combustíveis como gasolina e diesel.

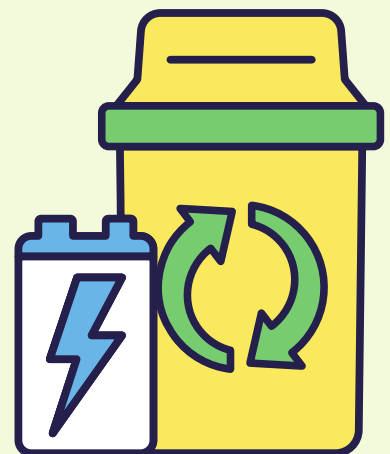
Elas permitem que os veículos andem longas distâncias com uma única carga e são recarregadas conectando o carro a uma tomada elétrica, assim como fazemos com nossos celulares.

3. O IMPACTO DO DESCARTE INADEQUADO

O **descarte inadequado** de baterias de íon de lítio pode causar sérios **problemas para o meio ambiente**. Essas baterias são produzidas com metais pesados e substâncias químicas que podem vazar e contaminar o solo e a água caso sejam descartadas no lixo comum. Isso pode prejudicar plantas, animais e até mesmo as pessoas que dependem dessas fontes de água para beber ou para a agricultura (Liu *et al.*, 2018).

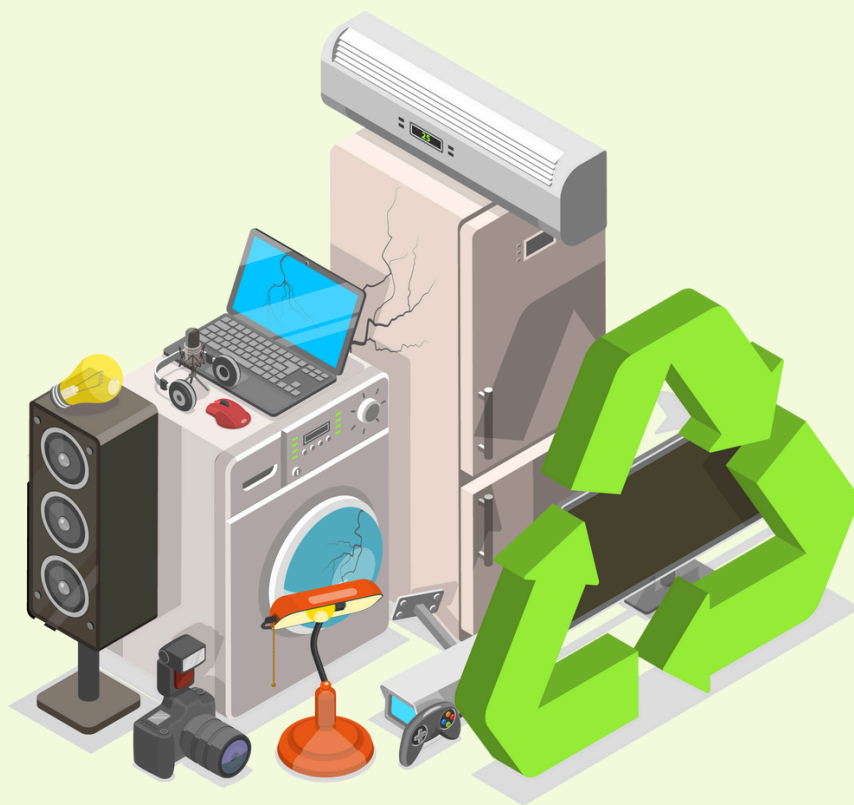
Além disso, as baterias de íon de lítio podem **pegar fogo ou explodir se forem danificadas** ou expostas a altas temperaturas. Quando descartadas de maneira incorreta, em aterros sanitários, por exemplo, elas representam um risco de incêndios que podem se espalhar rapidamente, causando danos ao meio ambiente e colocando a vida de pessoas em perigo (Liu *et al.*, 2018).

Por isso, é muito importante **reciclar** essas baterias corretamente. Quando levadas a locais apropriados para reciclagem, os materiais dentro das baterias podem ser reaproveitados para fabricar novas baterias ou outros produtos. Isso não só evita a contaminação do meio ambiente, mas também **reduz a necessidade de extrair novos recursos naturais**, ajudando a preservar o planeta para as futuras gerações.



4. LOGÍSTICA REVERSA

A **logística reversa** é um processo em que os produtos ou materiais, após serem usados, são devolvidos para o fabricante ou para locais específicos de coleta, em vez de serem simplesmente jogados fora. Esse processo é importante para garantir que resíduos perigosos ou valiosos sejam tratados de maneira adequada, reciclando ou descartando-os de forma segura. No Brasil, a logística reversa é definida pela **Política Nacional de Resíduos Sólidos** (Lei nº 12.305/2010), que determina que produtos como pilhas, baterias, eletroeletrônicos, lâmpadas, pneus e embalagens de agrotóxicos devem ser recolhidos e destinados corretamente após o uso (Silva, 2019).



No caso das baterias de íon de lítio, a logística reversa é essencial devido aos impactos ambientais que podem ser causados pelo descarte inadequado. Como essas baterias contêm metais e produtos químicos que podem contaminar o meio ambiente, é necessário garantir que sejam recolhidas, recicladas ou descartadas de forma segura. **Isso ajuda a evitar a poluição do solo e da água, além de reduzir o risco de incêndios causados por baterias danificadas** (Castro; Consoni, 2020).

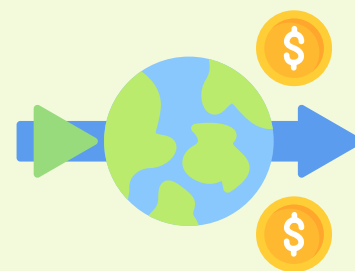
A reciclagem das baterias de íon de lítio através da logística reversa também é importante porque permite recuperar materiais valiosos, como o lítio, os quais podem ser reutilizados em novas baterias. Isso diminui a necessidade do uso de novos recursos naturais, de modo a preservar do meio ambiente. Portanto, a logística reversa é um passo fundamental para garantir que o ciclo de vida das baterias de íon de lítio seja sustentável e seguro para todos.



5. ECONOMIA LINEAR VS. ECONOMIA CIRCULAR

A **economia linear** é o modelo tradicional de produção e consumo que a maioria das indústrias segue. Nesse modelo, os recursos naturais são extraídos, transformados em produtos, usados pelas pessoas e, depois, descartados como lixo. Em outras palavras, é um sistema onde os materiais seguem um caminho “reto”: da extração ao descarte, sem preocupação com o reaproveitamento ou a reciclagem.

Isso leva ao **desperdício de recursos** e à geração de **grandes quantidades de lixo**, que acabam poluindo o meio ambiente (Oliveira; Silva; Moreira, 2019).



Já a **economia circular** propõe uma maneira diferente de lidar com os recursos. Em vez de simplesmente descartar os produtos após o uso, a economia circular busca **manter os materiais em uso pelo maior tempo possível**. Isso é feito através de práticas como a reciclagem, o reuso e a recuperação de materiais (Tiozzi; Simon, 2021).



No modelo circular, os produtos são desenhados para durar mais e, quando não são mais úteis, os materiais deles são reaproveitados para criar novos produtos, criando um ciclo contínuo de uso e reaproveitamento.

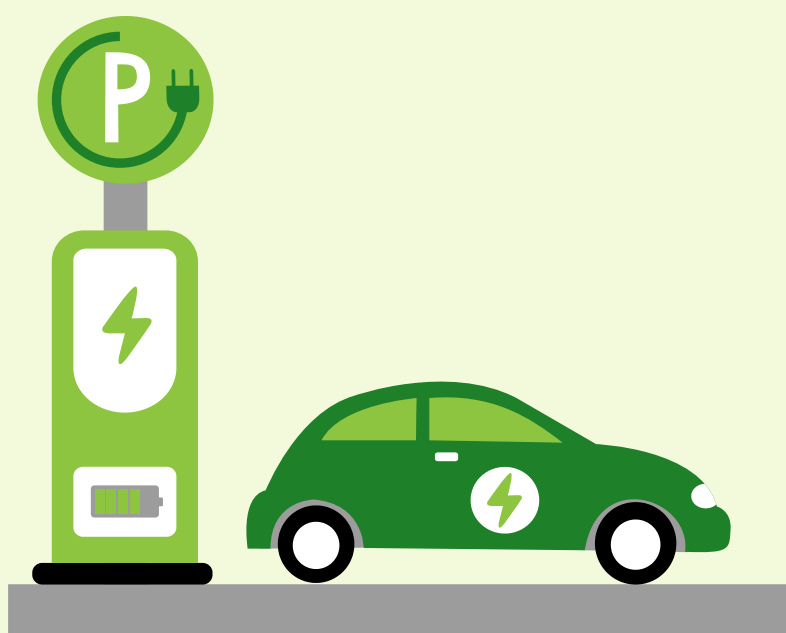
A economia circular deve se sobrepor à economia linear porque oferece uma solução mais sustentável para o uso dos recursos do planeta. Ao invés de esgotar os recursos naturais e gerar uma grande quantidade de lixo, a economia circular busca reduzir o impacto ambiental e conservar os materiais. Isso não só protege o meio ambiente, mas também pode criar novas oportunidades econômicas, como empregos em setores de reciclagem e inovação em design de produtos. A transição para um modelo circular é essencial para garantir um futuro mais equilibrado e sustentável para todos.

A economia circular e a logística reversa estão intimamente ligadas, pois ambas compartilham o objetivo de manter os materiais em uso e reduzir o desperdício. A logística reversa é uma ferramenta essencial dentro da economia circular, pois garante que os produtos, após serem usados, voltem para o ciclo produtivo em vez de serem descartados. Isso facilita a reciclagem e o reuso de materiais, transformando resíduos em novos recursos e mantendo o ciclo contínuo. Dessa forma, a logística reversa ajuda a concretizar os princípios da economia circular, promovendo um sistema mais sustentável e eficiente para todos (Martins; Leitão; Guarnieri, 2023).



6. BATERIAS NOS VEÍCULOS

As **baterias nos veículos elétricos** são como grandes depósitos de eletricidade que alimentam o motor do carro. Elas armazenam energia que pode ser usada para fazer o carro andar, ligar os faróis, e até tocar música. Quando a bateria está baixa, é só carregá-la em uma tomada especial, assim como você carrega seu celular. Com o tempo, as baterias estão ficando cada vez melhores, permitindo que os carros elétricos rodem por distâncias maiores antes de precisar de uma nova carga, tornando a condução mais prática e conveniente.



7. BATERIAS VS. COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

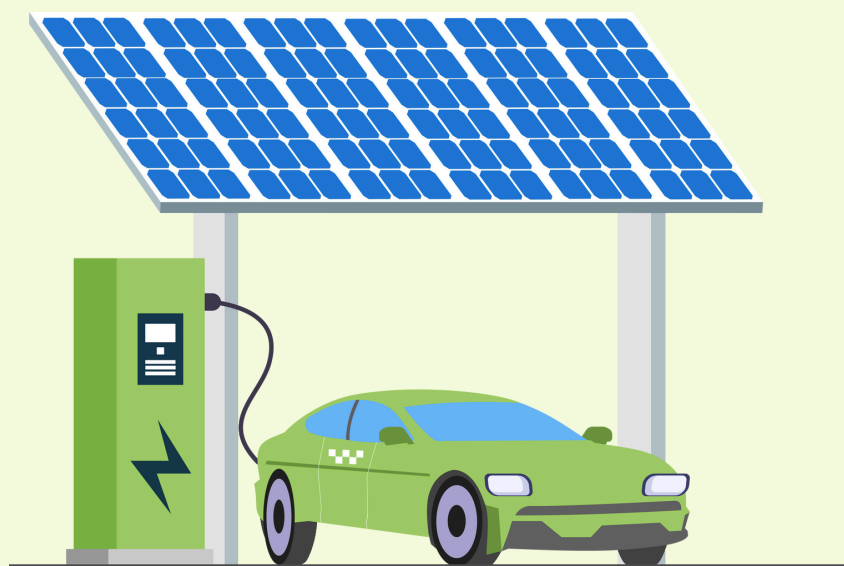
Os **veículos elétricos** estão se tornando cada vez mais populares como uma alternativa aos veículos tradicionais movidos a combustíveis fósseis, como gasolina e diesel. Esses veículos funcionam com **baterias recarregáveis**, que armazenam energia elétrica para alimentar o motor, em vez de queimar combustíveis. Ao serem carregados em uma tomada, os veículos elétricos podem rodar por várias horas ou até mesmo dias, dependendo do modelo, da carga da bateria e da frequência de uso do veículo.

Uma das grandes vantagens ambientais dos veículos elétricos é que eles não emitem gases poluentes durante o uso. Enquanto os carros tradicionais liberam dióxido de carbono (CO₂) e outros poluentes ao queimar combustíveis, contribuindo para a poluição do ar e o aquecimento global, os veículos elétricos são mais limpos e silenciosos. Eles ajudam a reduzir a poluição nas cidades e diminuir a nossa dependência de combustíveis fósseis, que são recursos limitados e prejudiciais ao meio ambiente (Santos; Vaz; Maldonado, 2023).



Comparando os **veículos movidos a combustíveis fósseis** com os elétricos, podemos ver que os carros tradicionais têm a vantagem de uma infraestrutura mais estabelecida, com postos de gasolina em todos os lugares, e geralmente podem ser reabastecidos mais rapidamente. No entanto, eles **contribuem significativamente para a poluição do ar e as mudanças climáticas**. Já os **veículos elétricos**, apesar de ainda estarem se adaptando a uma infraestrutura de recarga que precisa crescer, **oferecem uma solução muito mais sustentável** a longo prazo. Eles têm menos partes móveis, o que pode significar menos manutenção, e a possibilidade de carregar em casa é uma conveniência para muitos (Santos; Vaz; Maldonado, 2023).

No futuro, à medida que a tecnologia das baterias avança e a infraestrutura de recarga se expande, os veículos elétricos têm o potencial de substituir os carros tradicionais em grande escala. Isso poderia resultar em **idades mais limpas, menos poluídas e uma grande redução nas emissões de gases de efeito estufa, beneficiando o meio ambiente e a saúde de todos**. Adotar veículos elétricos é um passo importante para um futuro mais sustentável.



8. BRASIL NO CENÁRIO DA RECICLAGEM DE BATERIAS

No Brasil, a reciclagem de baterias de íon de lítio ainda é um campo em desenvolvimento, mas está ganhando importância com o aumento do uso de eletrônicos e veículos elétricos. Essas baterias são essenciais para a tecnologia moderna, mas também representam um desafio ambiental quando não são descartadas corretamente. O país enfrenta a necessidade de expandir a infraestrutura de reciclagem para garantir que essas baterias sejam tratadas de forma segura, evitando a contaminação do solo e da água (Castro; Consoni, 2020).



Nesse cenário, a Energy Source se destaca como uma das empresas que está à frente no mercado de reciclagem de baterias de íon de lítio no Brasil. A empresa se especializa em oferecer soluções para o descarte e a reciclagem dessas baterias, contribuindo para a criação de um ciclo sustentável.

Ao recuperar materiais valiosos, como o lítio, a Energy Source ajuda a reduzir a necessidade de extrair novos recursos naturais, além de diminuir a quantidade de resíduos que vão para o lixo.

A Energy Source se destaca no mercado de reciclagem de baterias por seu enfoque na sustentabilidade e inovação. A empresa utiliza tecnologias avançadas para recuperar materiais valiosos de baterias usadas, como lítio e cobalto, minimizando o impacto ambiental associado ao descarte inadequado.



A atuação da Energy Source é fundamental para o avanço da reciclagem de baterias no Brasil. Com o crescimento contínuo da demanda por eletrônicos e veículos elétricos, empresas como a Energy Source desempenham um papel crucial na construção de um futuro mais sustentável. Ao posicionar-se no mercado de reciclagem, a empresa não só ajuda a proteger o meio ambiente, mas também impulsiona a conscientização sobre a importância do descarte responsável, contribuindo para um Brasil mais limpo e verde.

9. SECOND LIFE DAS BATERIAS

O "**second life**" de baterias, ou "segunda vida", é quando as baterias que não são mais eficientes para o uso original, como em veículos elétricos, são reaproveitadas para outras funções antes de serem recicladas. Mesmo que essas baterias não tenham mais capacidade total para alimentar um carro, elas ainda podem armazenar e fornecer energia para outras aplicações, como em sistemas de energia solar para casas ou em fábricas. Isso **prolonga a vida útil das baterias**, permitindo que sejam utilizadas por muitos anos além de sua função inicial (Castro; Consoni, 2020; Freitas; Marchesini, 2022).



Esse **reaproveitamento** ajuda muito o meio ambiente, pois **reduz a quantidade de resíduos gerados** e a necessidade de fabricar novas baterias. Quando damos uma "segunda vida" às baterias, evitamos o descarte precoce, diminuindo a quantidade de lixo eletrônico.

Além disso, reutilizar as baterias **reduz a pressão sobre a extração de recursos naturais**, como o lítio e o cobalto, necessários para fabricar novas baterias. Isso contribui para a **conservação dos recursos naturais** e para a redução do impacto ambiental (Freitas; Marchesini, 2022).



As **baterias de veículos elétricos** se encaixam perfeitamente nesse cenário de "second life" porque, após vários anos de uso nos carros, elas ainda mantêm uma capacidade significativa de armazenamento de energia. Em vez de serem descartadas, essas baterias podem ser reutilizadas em sistemas de **armazenamento de energia**, ajudando a gerenciar a energia em redes elétricas ou em residências. Dessa forma, as baterias de veículos elétricos continuam a ser úteis, mesmo depois de saírem das estradas, contribuindo para um **ciclo de vida mais sustentável e eficiente** (Castro; Consoni, 2020).

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As baterias de íon de lítio têm uma grande vantagem ambiental, especialmente quando usadas em veículos elétricos. Esses veículos não emitem gases poluentes enquanto estão em uso, o que ajuda a reduzir a poluição do ar nas cidades e combate as mudanças climáticas. Além disso, como essas baterias são recarregáveis, elas permitem que os veículos elétricos funcionem por anos sem a necessidade de combustíveis fósseis, como gasolina ou diesel, que são prejudiciais ao meio ambiente.



Outra grande vantagem é o "second life" das baterias de íon de lítio. Mesmo depois de não serem mais eficientes para os veículos, essas baterias podem ser reaproveitadas para outras finalidades, como armazenar energia em casas ou fábricas. Isso prolonga a vida útil das baterias, reduzindo a quantidade de resíduos e a necessidade de extrair novos recursos naturais. Assim, o uso dessas baterias contribui não só para a diminuição da poluição, mas também para um ciclo de vida mais sustentável e eficiente.

11. ATIVIDADES

Observe os itens da coluna A e relacione a forma correta de descarte na coluna B, ligando cada item ao destino correto.

1. Pilhas usadas	A. Ponto de coleta de eletrônicos
2. Baterias de celular	B. Posto de coleta de pilhas e baterias
3. Lâmpadas fluorescentes	C. Ponto de coleta de lâmpadas
4. Celular antigo	D. Ponto de coleta de pneus
5. Pneu velho	E. Ponto de coleta de agrotóxicos
6. Embalagem de agrotóxico vazia	F. Lixão

Uma das destinações está errada. Você sabe dizer por quê?

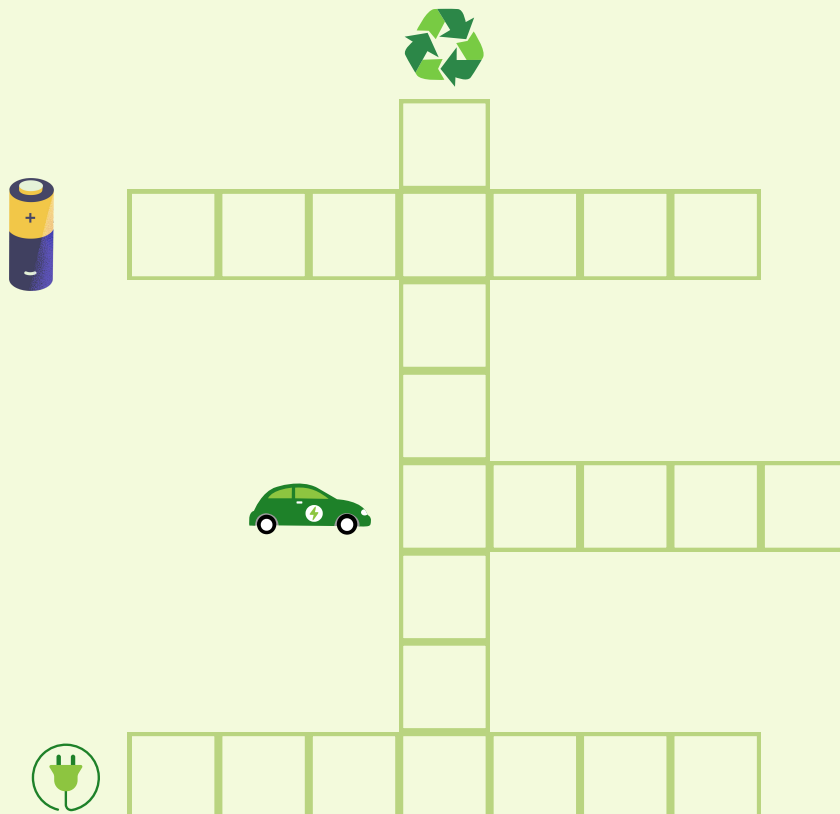


Você consegue dizer qual a diferença entre um modelo de economia linear e um modelo de economia circular? Ligue os itens da coluna A com o tipo de economia na coluna B

1. Descartar o produto após o uso
2. Reciclagem de materiais
3. Produção em massa com foco no consumo
4. Reutilização de produtos
5. Desenho de produtos que durem mais
6. Extração de recursos naturais sem reaproveitamento
7. Transformar resíduos em novos produtos



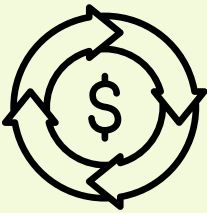
Complete a cruzadinha



12. RESPOSTAS

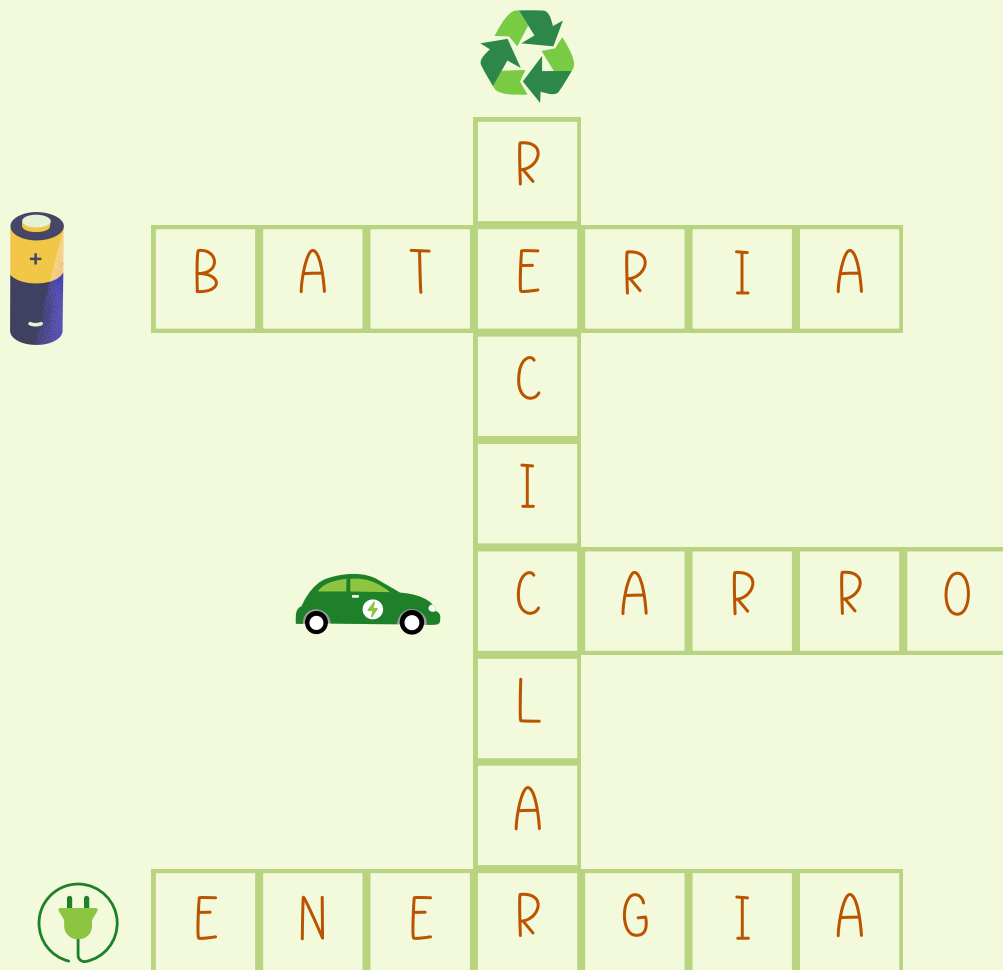
- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. Pilhas usadas | A. Ponto de coleta de eletrônicos |
| 2. Baterias de celular | B. Posto de coleta de pilhas e baterias |
| 3. Lâmpadas fluorescentes | C. Ponto de coleta de lâmpadas |
| 4. Celular antigo | D. Ponto de coleta de pneus |
| 5. Pneu velho | E. Ponto de coleta de agrotóxicos |
| 6. Embalagem de agrotóxico vazia | F. Lixão |

a destinação errada é o lixão, pois não há cuidado na separação do lixo e há contaminação do solo e poluição do ar

- | | |
|---|---|
| 1. Descartar o produto após o uso |  |
| 2. Reciclagem de materiais | |
| 3. Produção em massa com foco no consumo | |
| 4. Reutilização de produtos |  |
| 5. Desenho de produtos que durem mais | |
| 6. Extração de recursos naturais sem reaproveitamento | |
| 7. Transformar resíduos em novos produtos | |

Economia linear

Economia circular



13. REFERÊNCIAS

CASTRO, C. P.; CONSONI, F. L. Diagnóstico dos cenários de manejo ambiental do uso e disposição final de baterias de lítio de veículos elétricos. **Revista Científica E-Locução**, v. 9, n. 17, p. 439-457, 2020.

Energy Source. Disponível em: <https://www.energysource.com.br/>. Acesso em: 25 jul. 2024.

FREITAS, F. T.; MARCHESINI, M. M. P. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) das baterias de lítio utilizadas nos veículos elétricos. **Produto e Produção**, v. 23, n. 3, 2022.

LIU, K.; LIU, Y.; LIN, D.; PEI, A.; CUI, Y. Materials for lithium-ion battery safety. **Science Advances**, v. 4, n. 6, jun. 2018

MARTINS, T. S.; LEITÃO, F. O.; GUARNIERI, P. Transição da economia linear para a economia circular de equipamentos eletroeletrônicos. **Organizações em Contexto**, São Bernardo do Campo, v. 19, n. 37, p. 329-361, jan./jun. 2023.

OLIVEIRA, A. C. V.; SILVA, A. S.; MOREIRA, I. T. A. Economia circular: conceitos e contribuições na gestão de resíduos urbanos. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 3, n. 44, dez. 2019.

REIS, G.; STANGE, C.; YODAV, M.; LI, S. Lithium-ion battery data and where to find it. **Energy and AI**, v. 5, set. 2021.

SANTOS, E. F. N.; VAZ, C. R.; MALDONADO, M. U. Análise da gestão das baterias em fim de vida dos veículos elétricos: uma revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2023, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UTFPR, 2023.

SILVA, R. P. **Logística reversa**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Faculdade Anhaguera, Porto Alegre, 2019.

TIOSSI, F. M.; SIMON, A. T. Economia Circular: suas contribuições para o desenvolvimento da Sustentabilidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 7. n. 2, p. 11912-11927, 2021.

YOSHINO, A. The Birth of the Lithium-Ion Battery. **Angewandte Chemie**, v. 51, n. 24, p. 5798-5800, jun. 2012.

AGRADECIMENTOS

REITOR DO CENTRO UNIVERSITÁRIO CESMAC

Dr. João Rodrigues Sampaio Filho

VICE-REITOR DO CENTRO UNIVERSITÁRIO CESMAC

Prof. Dr. Douglas Apratto Tenório

PRÓ-REITORIA ACADÊMICA ADJUNTA

Profa. Dra. Claudia Cristina Silva Medeiros

COORDENAÇÃO GERAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

Prof. Dr. Giulliano Aires Anderlini

COORDENAÇÃO STRICTO SENSU

Profa. Dra. Evanisa Helena Maio de Brum

COORDENADOR MESTRADO ANÁLISES DE SISTEMAS AMBIENTAIS

Prof. Dr. Jessé Marques da Silva Júnior Pavão

Esta cartilha foi produzida utilizando o *software* online Canva.

VISITE NOSSO PERFIL



@logisticareversaeletromobility