

RECONDICIONAMENTO DE BATERIAS DE IÕES DE LÍTIO (BIL)

2ª VIDA PARA AS BATERIAS

Graça Martinho, Ana Pires e Pedro Santos

25 DE NOVEMBRO 2021

ÂMBITO E OBJETIVOS

Tendo em consideração que as baterias de ião Lítio (BIL) quando são retiradas dos veículos elétricos e híbridos, ainda têm cerca de 80% de capacidade, pelo que ainda poderão estar aptas para outras aplicações

...foram desenvolvidos dois projetos integrados nos Planos de I&D e Prevenção da GVB (2018/2021):

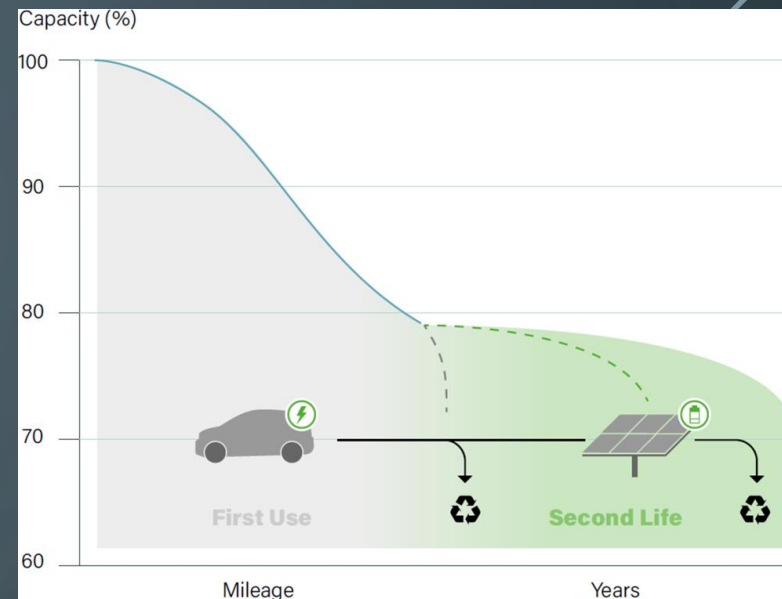
- “Avaliação do potencial de aumento do tempo de vida útil das baterias” e
- “Estudo do potencial de uma rede de centros de reutilização”
- **Objetivos:**
 - Análise sobre os aspetos técnicos, económicos, ambientais e sociais da segunda-vida das BIL
 - Levantamento sobre as aplicações tecnológicas de baterias em segunda vida
 - Auscultação dos *players* sobre a segunda utilização das baterias
 - Estimativas das quantidades de baterias de ião Lítio disponíveis por utilização

ASPETOS TÉCNICOS

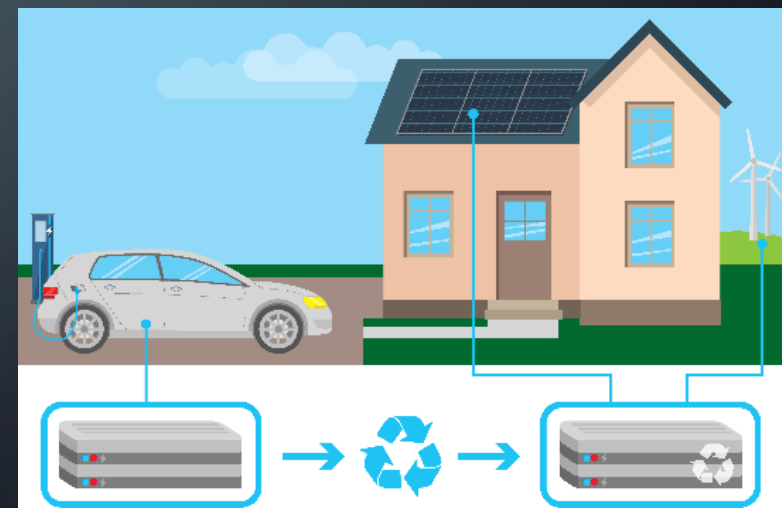
De acordo com a indústria automóvel uma bateria de ião Lítio (BIL) alcançou o seu fim de vida quando a sua capacidade energética atinge 80% da capacidade original. Com tanta capacidade ainda existente é vantajoso explorar o potencial de recondicionamento para uma segunda-vida.

Sobre o processo de recondicionamento das BIL:

- O recondicionamento é a melhor opção ambiental para a gestão de um produto em fim de vida (Gutowski *et al.*, 2011);
- O processo consiste no desmantelamento total da bateria, no qual cada componente é completamente limpo, examinado para verificação de danos e reprocessado de acordo com as especificações originais do fabricante da bateria (Ramoni e Zhang, 2013);
- A avaliação da condição da BIL usada é realizada após a remoção da BIL do veículo e sendo sujeita a um variado número de testes, o manuseamento apropriado no armazenamento e transporte das baterias são necessários para garantir que não ocorrem danos Ramoni e Zhang (2013).



Fonte: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12398-020-00273-x/figures/5>



Fonte: <https://ec.europa.eu/jrc/en/science-update/li-ion-batteries-second-life-energy-storage>

ASPETOS TÉCNICOS

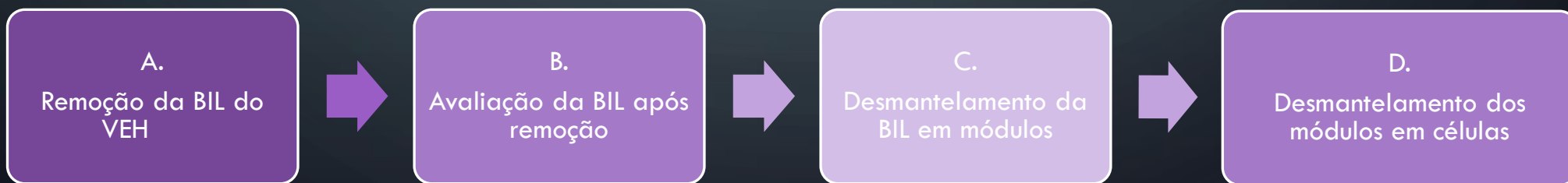
- Para um correto desmantelamento das BIL é necessário um planeamento faseado, dividindo-se em (Ramoni e Zhang, 2013):
 - a) Representação do problema de remoção da BIL;
 - b) Generalização da sequência de desmantelamento;
 - c) Determinação de uma sequência ótima de desmantelamento com o nível de desmantelamento apropriado, tendo em conta a composição material de cada componente e sub-montagens da bateria.
- Para desenvolver processos de acondicionamento é importante compreender qual é a degradação que a BIL poderá sofrer ao ponto de já não ser possível a sua reutilização. Os fenómenos de deterioração das BIL podem ser (Ramoni e Zhang, 2013):
 - a) Decomposição do eletrólito em condições de sobrecarga e sobredescarga;
 - b) Dissolução e ou transição de fase dos materiais ativos nos cátodos compósitos;
 - c) Formação de filme à superfície do eletrodo;
 - d) Corrosão do coletor.

ASPETOS TÉCNICOS – CASO DE ESTUDO

- Rallo *et al.* (2020) conduziram um estudo sobre os procedimentos técnicos de desmantelamento de uma BIL de um Smart ForFour

Esta BIL tem a capacidade de energia de 17,6 kWh, 339 V, capacidade de 52 Ah. Composta por três módulos, com um peso de 169 kg. A configuração da BIL é 96s1p, com arrefecimento líquido, e autonomia para 90 km.

- Os autores descrevem detalhadamente todos os passos necessários para converter uma BIL numa bateria estacionária:
 - Remoção da BIL do veículo (A)
 - Avaliação - verificar se a bateria cumpre com as especificações necessárias para ter uma segunda-vida (B)
 - Desmantelamento da BIL por módulos (C)
 - Desmantelamento do módulo em células (D).



Fonte: Baseado em Rallo *et al.* (2020)

ASPETOS AMBIENTAIS

- Os aspetos ambientais inerentes à segunda-vida das baterias têm sido suportados pelo modelo da economia circular e pelo princípio da hierarquia de gestão de resíduos.

*A segunda vida das BIL é uma possibilidade com diversas vantagens em todas as dimensões da sustentabilidade. Tecnicamente, o acondicionamento é viável, sendo uma solução que permite prolongar o tempo de vida da bateria (a utilização da bateria em segunda vida pode prolongar-se durante **mais de cinco anos**)*

- Estudo de Bobba *et al.* (2018a), para avaliar os impactes ambientais da segunda-vida das baterias dos VEH:

Os benefícios ambientais obtidos são superiores quando uma bateria acondicionada é usada no lugar de uma bateria nova; os ganhos ambientais associados à utilização de uma bateria acondicionada são maiores à medida que o mix de energia elétrica piora (i.e. substituição por energias a combustíveis fósseis).

- Estudo de Richa *et al.* (2017), avaliação de ecoeficiência com base na gestão hierárquica dos resíduos e na economia circular, do acondicionamento para utilização estacionária e da reutilização em VEH:

Tanto a reutilização como o acondicionamento para uso estacionário apresentam benefícios ambientais e económicos.

No entanto, os benefícios estão dependentes de fatores como o tamanho da BIL, os testes a serem realizados, os sistemas que as BIL em fim de vida iriam substituir, os preços futuros de BIL de VEH novos e usados e as barreiras regulatórias devido a preocupações de saúde e segurança ambiental.

A utilização como armazenamento estacionário de energia é mais vantajosa do que a utilização novamente em VEH.

ASPETOS SOCIAIS

- Os estudos referentes aos aspetos sociais da reutilização e recondicionamento das BIL em segunda-vida são escassos. Destaca-se o de Bobba *et al.* (2018), onde os impactes sociais são calculados segundo a análise social do ciclo de vida (ASCV). A ASCV é ainda uma metodologia embrionária, sem normalização internacional, ao invés da ACV que tem diversas normas para a sua implementação, nomeadamente a família de normas ISO 14040.
- Neste estudo, o foco do ciclo de vida em estudo é da primeira vida da bateria, centrado nos problemas sociais relativos à mineração das matérias-primas das BIL (Cobalto, Lítio, Manganésio e Níquel). As categorias de impacto consideradas nesta ASCV foram o trabalho infantil, o contributo para o desenvolvimento económico, a corrupção, os salários justos, a liberdade de associativismo, os trabalhos forçados, a diferença de género, a segurança no trabalho, a migração, entre outros.

O resultado da ASCV mostrou que a extração de Cobalto e de Níquel – utilizados na produção do cátodo – são os que apresentam maior impacto social, pois são obtidos na República Democrática do Congo, onde as condições de trabalho são muito críticas, com elevados riscos de ocorrência de trabalhos forçados e de trabalho infantil.

ASPETOS ECONÓMICOS

Alguns autores têm-se dedicado ao estudo económico da segunda-vida das baterias.

No relatório de Neubauer et al. (2015), realizado para o National Renewable Energy Laboratory (NREL) dos Estados Unidos da América, o custo de acondicionar as baterias após a sua vida útil deverá rondar os 55 €/kWh de modo a ser uma atividade rentável.

Assunção et al. (2016) avaliaram a utilização de BIL em segunda-vida para aplicação estacionária em casas, demonstrando que a opção é economicamente viável.

O desmantelamento da bateria apresentado no caso de estudo de Rallo et al. (2020) tem um conjunto de custos detalhados para cada uma das fases de desmantelamento das BIL. Em resumo, os autores chegaram aos seguintes custos por kWh da BIL recondicionada

	Bateria	Módulo	Célula
Remoção da BIL	117 €	117	117
Avaliação da BIL pós-VEH	442 €	442	442
Desmantelamento da bateria em módulos		500	500
Desmantelamento dos módulos em células			275
Total	558 €	1058 €	1333 €
Custo/kWh	32 €	60 €	76 €
Fonte: Rallo et al. (2020)			

Economicamente, o recondicionamento das BIL para fins estacionários é viável e competitivo em relação às baterias novas

SEGUNDA-VIDA DAS BIL

Aplicações principais: Na rede (*on-grid*), fora da rede (*off-grid*), industrial e particulares/comerciais/urbanas

Em rede (*on-grid*)

- Armazenamento temporário para instalações industriais de energia renovável
- Operações de armazenamento estacionário
- Buffers de carregamento de operadores de infraestruturas (carregamentos rápidos)
- Sistemas de armazenamento em imóveis residenciais e comerciais

Fora da rede (*off-grid*)

- Sistemas de armazenamento em instalações de autoconsumo em habitações
- UPS para infraestruturas críticas
- Micro-mobilidade
- Fornecimento de energia descentralizada para eventos e obras de construção

Soluções industriais

- Reutilização de baterias em veículos industriais, como empilhadores
- Reutilização em veículos para transporte interno

Soluções privadas e comerciais

- Reutilização de baterias em bicicletas elétricas, scooters elétricas, carrinhos de golfe, entre outros
- Trocas de baterias para bicicletas e scooters elétricas
- Reutilização em veículos de transporte interno

SEGUNDA-VIDA DAS BIL - EXEMPLOS



Armazenamento de energia, BMW Plant Leipzig, Germany

Fonte: <https://www.slashgear.com/bmws-battery-graveyard-gives-ev-cast-offs-a-second-life-26505613/>



Armazenamento estacionário para apoiar o carregamento de autocarros elétricos, (VW e MAN Truck & Bus) Bergedorf quarter of Hamburg

Fonte: <https://chargedevs.com/newswire/second-life-batteries-used-to-charge-buses-in-german-pilot/>

OUTRO CASO DE ESTUDO

- A utilização mais vantajosa e estudada na literatura tem sido a aplicação estacionária como armazenador de eletricidade para a rede elétrica.
- Um dos estudos existentes sobre a utilização estacionária foi realizado em Portugal. O estudo de Assunção *et al.* (2016) pretendia avaliar os aspetos técnicos e económicos da viabilidade da segunda vida das BIL de VEH em residências e edifícios com energia fotovoltaica.
 - As baterias dos dois carros mais vendidos em Portugal, um Nissan Leaf com uma bateria grande e um Citroen C0 com uma bateria pequena, foram escolhidas para análise e a troca de energia entre a habitação e a rede. A permuta de energia foi simulada utilizando o MATLAB / Simulink. Além disso, foi implementado um modelo de degradação, considerando o estado da carga, a profundidade da descarga, a temperatura e a taxa C da bateria para prever a diminuição da capacidade no total do número ciclos, permitindo uma avaliação mais abrangente sobre as aplicações a longo prazo desses sistemas.
 - De acordo com estes autores, os resultados da permuta de energia com a rede para as duas baterias reduziram para 82,1% e 78,8% da injeção de energia, no 1º ano de operação; pelo 5º ano de operação, verificou-se uma redução de 82,8% e 79,3% e, pelo 10.º ano em operação, a redução da injeção de energia foi de 79,7% e 69,9%, respetivamente para a bateria grande e pequena. Mesmo após 10 anos de operação, as conclusões do estudo de Assunção *et al.* (2016) apontam para que ambas as baterias possam fornecer benefícios técnicos suficientes, pois o armazenamento da energia continua a ser elevado (igual ou superior a 70%).

AUSCULTAÇÃO DOS PLAYERS SOBRE A SEGUNDA-VIDA DAS BIL

- Realização de um estudo de opinião, utilizando-se para o efeito a metodologia conhecida por *Q-methodology*. (Método de investigação utilizado para estudar a subjetividade sobre determinado tema, *i.e.*, o ponto de vista dos *players*)
- Com esta metodologia não se pretendeu uma representatividade estatística de uma população ou de um grupo de *players*. O objetivo é que indivíduo possa representar o seu ponto de vista.
- O método Q inclui as seguintes cinco fases:
 1. Definição do *concourse* (curso da comunicação)
 2. Identificar, selecionar e editar as Q statements (ou conjunto de afirmações)
 3. Seleção do P-set (participantes)
 4. *Q-sorting* (ordenação das afirmações selecionadas na fase 2, pelos participantes selecionados na fase 3, de acordo com o seu ponto de vista e a atribuição do seu grau de concordância face às afirmações)
 5. Análise e interpretação.
- Tendo por base esta metodologia foi construído um questionário, para o qual foram convidados a responder 20 participantes de quatro grupos distintos de *stakeholders* (produtores/importadores de baterias, associações ambientalistas, operadores de gestão e reparadores e investigadores), cinco por grupo de *stakeholders*, tendo-se conseguido obter respostas de 19.

AUSCULTAÇÃO DOS PLAYERS SOBRE A SEGUNDA-VIDA DAS BIL

- Este estudo de opinião permitiu compreender os consensos existentes sobre a segunda vida das baterias de íon Lítio e sobre a sustentabilidade das baterias.
- As sugestões e recomendações que emergiram do estudo centram-se nos possíveis instrumentos de política a serem desenvolvidos junto das autoridades nacionais e europeias competentes, designadamente:
 - Encontrar/desenvolver financiamento para a inovação de baterias com menos materiais críticos (Lítio e cobalto) e mais recicláveis;
 - Rastreabilidade das baterias para que sejam encaminhadas para o melhor destino em fim de vida: segunda-vida e reciclagem e igualmente quanto à sua proveniência ética (na cadeia de abastecimento);
 - O Ecodesign das baterias sustentáveis deverá ser promovido, devendo ser discutido que características deverão ser regulamentadas e que características deverão ter um caráter voluntário;
 - Uma bateria sustentável passará pela segunda-vida, sendo necessário desenvolver diversos requisitos e procedimentos que permitam desenvolver técnica e economicamente esta nova área de gestão e negócio de baterias em fim de vida.

CONCLUSÕES E OPORTUNIDADES

- A opção de recondicionamento enquadra-se na iniciativa europeia de potenciar a economia circular dos produtos em fim de vida existentes no seu território, nutrindo o seu sistema industrial de recursos que, neste momento, são escassos. Além disso, estender o tempo de vida útil dos produtos é uma solução necessária para prolongar o benefício que esse mesmo produto traz para a economia e para o ambiente.
- Os estudos revelam que o recondicionamento das BIL para fins estacionários é uma solução ambientalmente vantajosa e economicamente viável, pelo que são uma oportunidade para um novo modelo de negócio.
- Estudar a opção de recondicionamento de baterias e da existência de centros que reconvertam BIL em soluções estacionárias permitiu compreender as principais características que estes centros deverão ter para serem bem-sucedidos, designadamente:
 - Um centro de recondicionamento de baterias deverá ser dedicado a um modelo de bateria apenas e não a todas as tipologias, para tornar o centro mais eficiente;
 - A escala de atuação dos centros também deverá ser considerada. Âmbito nacional ou ibérico?, importação de BIL?, são cenários a considerar. Este é um ponto-chave para que se ganhe economia de escala. Também irá influenciar o número, dimensão e localização dos centros de recondicionamento;
 - Os centros de recondicionamento deverão integrar as oficinas para que possam fornecer as BIL no melhor estado de conservação possível. Tal poderá obrigar a uma formação específica dos funcionários das oficinas.

TRABALHOS EM CURSO

- Atualização dos cenários da evolução da produção de BIL usadas
- Análise do ciclo de vida e análise económica comparativa entre as soluções reciclagem vs 2^a vida

OBRIGADA

Laboratório waste@NOVA

Departamento de Ciências e Engenharia do ambiente (DCEA/FCT NOVA)

Nova.id.FCT – Associação para a Inovação e Desenvolvimento da FCT

Polo MARE-NOVA

NOVA

NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY

