

# Projeto E

Recomendações de ecodesign para os setores que utilizam as baterias de íons de lítio em veículos elétricos

DEZEMBRO DE 2021



Graça Martinho

Pedro Santos



## Índice

1. Enquadramento.....	1
2. Objetivos .....	1
3. Baterias ambientalmente responsáveis .....	3
4. Requisitos mínimos a considerar .....	7
4.1. Duração do sistema/pack da bateria .....	7
4.2. Sistema de gestão de bateria .....	8
4.3. Informação sobre as baterias e as células .....	8
4.4. Rastreabilidade dos módulos e dos packs das baterias .....	9
4.5. Design para reciclar .....	11
5. Ecodesign de baterias.....	13
6. Referências .....	15



## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> – Importação de baterias / Células de baterias.....	3
<b>Figura 2</b> – Ciclo de vida de uma bateria .....	4
<b>Figura 3</b> – Processo de Ecodesign .....	5
<b>Figura 4</b> – Sistema de baterias .....	5
<b>Figura 5</b> – Exemplo de código de barras/QR para as baterias .....	9

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> – Tipologia de normas de desempenho aplicáveis às baterias .....	7
<b>Tabela 2</b> – Critérios de duração para as baterias reutilizáveis.....	8
<b>Tabela 3</b> – Recomendações de Ecodesign para o setor automóvel e industrial relativamente a baterias de iões de lítio.....	13

## 1. Enquadramento

A 14 de junho de 2018 foi elaborado o Protocolo de Colaboração entre a GVB – Gestão e Valorização de Baterias, Lda. e a NOVA School of Science and Technology (FCT NOVA) com o intuito de desenvolver o projeto *BATMAN – Gestão de baterias usadas em Portugal: quão longe estamos da economia circular?*. Este projeto visava o desenvolvimento de um conjunto de projetos que se encontram contemplados no Plano de I&D e no Plano de Prevenção da GVB para o período de 2018-2021.

O presente relatório reporta a tarefa referente ao *“Projeto E – Recomendações de ecodesign para os setores que utilizam as baterias, para que os mesmos produtores que as utilizam considerem as características das baterias atuais e futuras, de modo a facilitar a sua remoção e substituição”*, prevista no Plano de Prevenção da GVB para o período de 2018-2021, pela NOVA School of Science and Technology | FCT NOVA, da Universidade NOVA de Lisboa, através do Laboratório waste@NOVA, do Polo MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente.

## 2. Objetivos

O objetivo do presente *“Projeto E”*, do Plano de Prevenção, incide essencialmente em recomendações a ter em conta para o Ecodesign das baterias de íões de lítio para o setor automóvel e industrial.

As tarefas desenvolvidas foram:

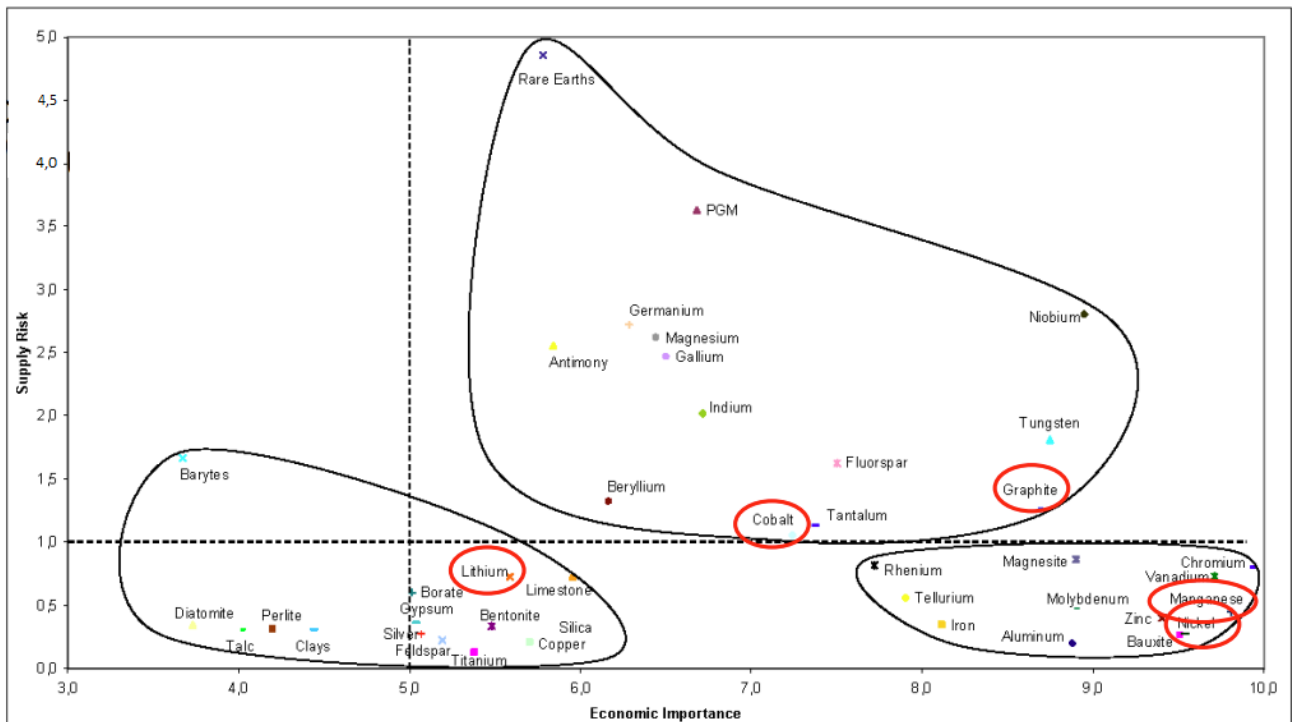
- Pesquisa de informações sobre baterias ambientalmente responsáveis;
- Levantamento dos requisitos para as baterias nos veículos elétricos;
- Recomendações de Ecodesign para o setor automóvel e industrial relativamente às baterias.



### 3. Baterias ambientalmente responsáveis

Atualmente, diversos setores e entidades dependem de baterias, para conseguirem armazenar energia limpa, renovável e de baixo carbono, e assegurarem uma economia com impacto neutro no clima até 2050, e uma mobilidade mais limpa.

No entanto, as baterias têm diversos problemas associados, tais como as matérias-primas, a sua exploração mineira, e uma economia circular ainda ineficiente. Na Figura 1 podemos observar os principais elementos das baterias de íons de lítio (BIL), tendo em conta o seu rácio entre risco de fornecimento (*supply risk*) e a importância económica (*economic importance*).



(Fonte: Pires, 2019)

Figura 1 – Importação de baterias / Células de baterias

Alguns dos problemas de fornecimento de elementos como o Lítio, Manganésio, Cobalto e Níquel, é que estes provêm de locais muito específicos a nível global, geralmente com más condições de trabalho, conflitos entre mineradores de pequena e grande escala, escassez e contaminação da água e ressentimento/rejeição das comunidades locais, como por exemplo:

- Lítio - Argentina, Bolívia e Chile detêm juntos 70% do mercado de mineração;
- Manganésio - África do Sul é de longe o país maior produtor do mundo, seguido da China;
- Cobalto - Canadá, Austrália, Rússia e Brasil, mas a nação mais importante é a República Democrática do Congo, responsável por 50% da produção global;
- Níquel – Rússia (problema atual relativamente à guerra com a Ucrânia), Brasil, Austrália e Canadá.

Existem também outras questões sociais significativas, como por exemplo: as associadas à mineração de cobalto, derivado ao uso de mão de obra infantil, condições perigosas de trabalho e contaminação, nomeadamente: na República Democrática do Congo, onde cerca de 110 000 mineiros estão envolvidos, grande parte são crianças que trabalham em minas de cobalto de pequena escala sem equipamentos e assistência básica de proteção (Sanderson, 2019); a mineração artesanal em África; um setor não regulado; trabalho manual e ferramentas manuais.

Relativamente à pegada de carbono, esta representa a energia de origem fóssil incorporada na bateria, em todas as etapas do seu ciclo de vida. A energia necessária para produzir uma bateria é 500 a 1000 vezes superior à sua capacidade energética (Pires, 2019).

Existem também outros impactos ambientais, como: a extração e refinação dos metais ser o local onde ocorre o maior impacto ambiental no ciclo de vida; relativamente às BIL, na mineração de cobalto e níquel há a libertação de substâncias tóxicas dos refugos das minas, ocorrem emissões de óxido de enxofre libertadas durante a etapa de fundição; cobalto e níquel serem frequentemente extraídos em países com regulamentos ambientais, saúde e segurança, menos rigorosos do que na Europa.

A solução possível passará assim por criar baterias sustentáveis, inovadoras e competitivas. Esta visão terá que ser feita com base no ciclo de vida das baterias, como identificado na Figura 2.



(Fonte: Pires, 2019)

Figura 2 – Ciclo de vida de uma bateria

A economia circular aplicada a uma bateria inicia-se pela prevenção/redução do consumo de matérias primas e da produção de resíduos, o que se consegue, nomeadamente, por um aumento do seu tempo de vida útil (maior duração de anos, maior número de ciclos), que levará a um menor número de baterias usadas e, por isso, menos resíduos gerados e menos recursos necessários.

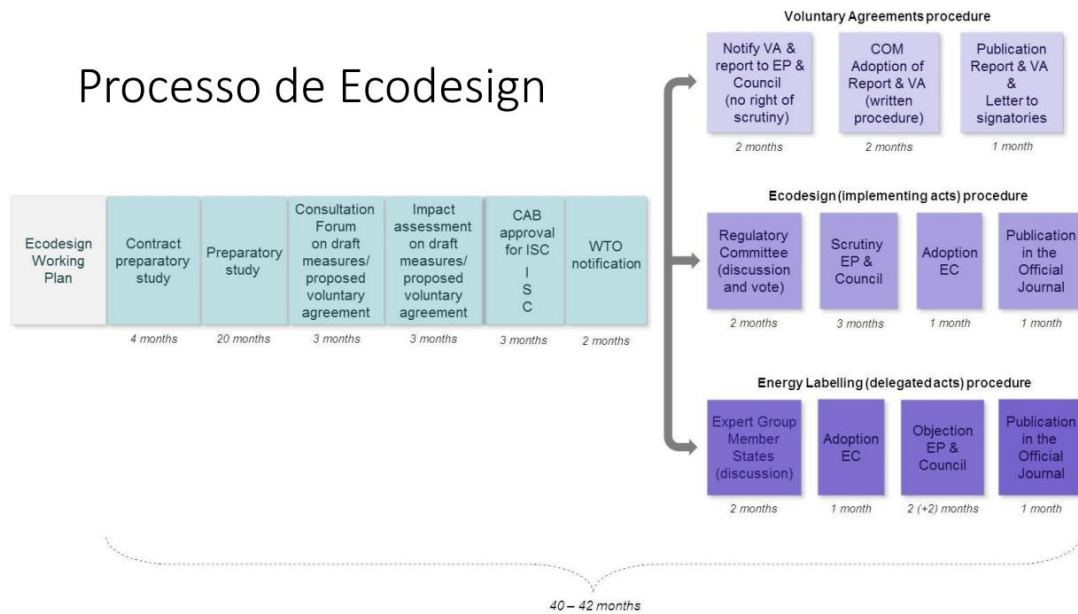
No entanto, apenas o aumento da vida útil da bateria não é suficiente. A solução passará por promover outras mais valias, como criar uma segunda-vida para as baterias, com aplicações diferentes da inicial. Para promover a segunda-vida das baterias podem-se aplicar diversas opções, como a remanufatura e a remodelação. É onde entra o processo do **Ecodesign**, dado que é o instrumento que permite aplicar estas opções.

O Ecodesign é uma metodologia que integra de forma sistemática diversas considerações ambientais no processo de design de produtos (LNEG, 2016), e encontra-se atualmente abrangido pela Diretiva 2009/125/CE, de 21 de outubro, que cria um quadro para a definição dos requisitos comunitários de concepção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia com o objetivo de garantir a sua livre circulação no mercado interno, e que se encontra atualmente em revisão. Esta legislação, que refere matéria de rotulagem energética e eco-design, é uma ferramenta eficaz para melhorar a eficiência energética dos produtos. A mesma auxilia a eliminação de produtos com menos desempenho no mercado, contribuindo para o objetivo de eficiência energética da União Europeia (UE).

O principal objetivo do eco-design é desenvolver produtos mais sustentáveis através da redução do seu impacto ambiental durante o seu ciclo de vida, conjugando vários fatores, como a funcionalidade, qualidade, segurança, custo, facilidade de produção, ergonomia e estética.



O processo de Ecodesign de um produto é geralmente um processo demorado (entre 40 a 42 meses), com diversas fases, como se demonstra na Figura 3.



(Fonte: Pires, 2019)

Figura 3 – Processo de Ecodesign

Relativamente às baterias, o Ecodesign deverá incidir essencialmente na criação de critérios técnicos, ambientais e sociais, desde o seu fabrico, até à sua reutilização, ou reconversão para uma segunda-vida, ou então até à sua reciclagem.



(Fonte: Pires, 2019)

Figura 4 – Sistema de baterias

A definição de baterias ambientalmente responsáveis, são as que cumprem com o disposto no estudo encomendado pela Comissão Europeia, levado a cabo pelo consórcio formado pela Vito, Fraunhofer e Viegand Maagøe, e que aponta os seguintes critérios de conceção ecológica (van Tichelen e Mulder, 2019):

1. Requisitos mínimos da duração do sistema/pack de bateria;
2. Requisitos mínimos para o sistema de gestão da bateria;
3. Requisitos para providenciar informação sobre as baterias e as células;
4. Requisitos de rastreabilidade dos módulos e dos packs das baterias;
5. Informação sobre a pegada do carbono e a opção de um valor limite;
6. Requisitos mínimos para o design (conceção) e construção dos packs de baterias.

Dos 6 critérios considerados apenas 3 foram propostos para serem considerados no eco-design das baterias. Os critérios 4, 5 e 6 foram eliminados por diversas razões. A rastreabilidade dos módulos e packs das baterias (critério 4) já está a ser prevista no âmbito do *Battery Passport*, que está a ser desenvolvido pela Global Battery Alliance (GBA, 2020). No caso da informação da pegada do carbono (critério 5), os autores referiram

que não existiam “Regras para a Categoria para a Pegada Ecológica do Produto” para todas as tipologias químicas de baterias. Estas regras definem o modo como se deve proceder ao cálculo da pegada ecológica e outro tipo de impactes ambientais para que os produtos sujeitos a essas regras possam ser comparáveis. Por essa razão, van Tichelen e Mulder (2019) não consideraram a informação sobre a pegada do carbono como critério para baterias sustentáveis. No caso dos requisitos mínimos para o ecodesign (critério 6), os requisitos existentes são relacionados com questões de segurança da bateria, pelo que poderá ser difícil de impor outros critérios. Além disso, van Tichelen e Mulder (2019) consideram que não existem restrições adicionais nas baterias que impeçam a sua reparação, reutilização e reciclagem, pelo que não consideraram os requisitos mínimos de conceção da bateria como critério para uma bateria sustentável.

## 4. Requisitos mínimos a considerar

### 4.1. Duração do sistema/pack da bateria

Os requisitos de duração das baterias são estabelecidos por normas e testes que podem determinar a duração e número de ciclos que suporta, por tipo de bateria (sistema químico). De acordo com van Tichelen e Mulder (2019), estes requisitos são apenas aplicáveis a baterias novas, pois os sistemas de armazenamento de energia resultantes de baterias de segunda vida não se podem submeter aos requisitos originais. Os requisitos que devem ser avaliados são essencialmente (van Tichelen e Mulder, 2019):

- Cobertura de critérios de desempenho através de normas;
- Possível definição de desempenho para complexos químicos para aplicações em sistemas de energia fotovoltaica;
- Avaliação de acordo com os critérios propostos atualmente, incluindo a necessidade de padronização por tipo de bateria.

As normas existentes (Tabela 1) aplicáveis às baterias são direcionadas à verificação das condições de desempenho. Nem todas as tipologias de baterias têm normas já desenvolvidas, pois muitas tipologias são relativamente recentes, não se tendo ainda consolidado no mercado.

*Tabela 1 – Tipologia de normas de desempenho aplicáveis às baterias  
(Fonte: van Tichelen e Mulder, 2019)*

Norma de desempenho	Tipologia de bateria aplicável
IEC 61427-2:2015 - Secondary cells and batteries for renewable energy storage - General requirements and methods of test - Part 2: On-grid applications	Chumbo-ácido, chumbo avançado
IEC 62620: 2014 - Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications	Iões de lítio
IEC 60896 series - Stationary lead-acid batteries	Chumbo-ácido, chumbo avançado
IEC 61056-1:2020 - General purpose lead-acid batteries (valve-regulated types) – Part 1: General requirements, functional characteristics – Methods of test	Chumbo-ácido, chumbo avançado
IEC 63115-1 - Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Sealed nickel-metal hydride cells and batteries for use in industrial applications - Part 1: Performance	NiMH
IEC 62675:2014 - Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Sealed nickel-metal hydride prismatic rechargeable single cells	NiMH
IEC 62984-3:2020 - High-temperature secondary batteries - Part 3: Sodium-based batteries - Performance requirements and tests	NaNiCl <sub>2</sub> , NaS

Sobre a tipologia química das baterias, a proposta de conceção ecológica das baterias estabeleceu critérios que definem as características para uma bateria ambientalmente responsável. Os autores do estudo alertam que os parâmetros aqui definidos nestes critérios não podem ser cumpridos para as diversas tipologias químicas de baterias, apenas na totalidade para as baterias de iões de lítio. É o caso das baterias de chumbo-ácido, cujo número de anos mínimo é apenas de 8 anos, onde o estado da carga é de apenas de 40%. Os autores referem ainda que as melhores baterias em termos de eficiência são as de NiMH e de chumbo-ácido, sob a condição de que estas baterias geralmente não devam estar totalmente carregadas, pois a maior parte da perda de energia ocorre em baterias quase totalmente carregadas. Uma vida útil de 20 anos é possível para vários tipos químicos, designadamente: Li-ion, NiMH, NiFe e NaS. Se esse critério for reduzido para 15 anos, também poderá abranger as baterias de NaNiCl<sub>2</sub>. Os critérios técnicos propostos a exigir às baterias encontram-se no Tabela 2.

Tabela 2 – Critérios de duração para as baterias reutilizáveis  
(Fonte: van Tichelen e Mulder, 2019)

Critérios	Valores propostos
Ciclos de carga/ descarga razoáveis	2000 à meia-idade (4000 no total)
Número de anos razoáveis	12 à meia idade (25 no total)
Profundidade de descarga (DOD) por ciclo	80%
Capacidade de retenção em fim de vida	90% à meia-idade (80% no fim de vida)
Estimativa da duração (mínimo de anos e de ciclos)	20
Eficiência (à meia-idade)	94%

## 4.2. Sistema de gestão de bateria

Um sistema de gestão de bateria (BMS - *Battery management system*) é um elemento necessário nas BIL. Este sistema permite gerir a bateria ao analisar informações sobre a mesma, tais como a sua “saúde”, o tempo de vida útil e outras informações relevantes. Estes sistemas permitem manter a qualidade das baterias a níveis elevados durante mais tempo, evitando assim um desgaste acentuado, e diminuir os possíveis erros de má utilização das mesmas.

Se as BIL tiverem como destino o recondicionamento (por exemplo, segunda-vida), impõe-se assim a necessidade de existirem dados abertos parciais sobre a qualidade da bateria, para se conhecer o seu estado de degradação. Poderá, em alternativa, existir um dispositivo externo para avaliação da degradação da mesma.

Um BMS permite assim (SE, 2020):

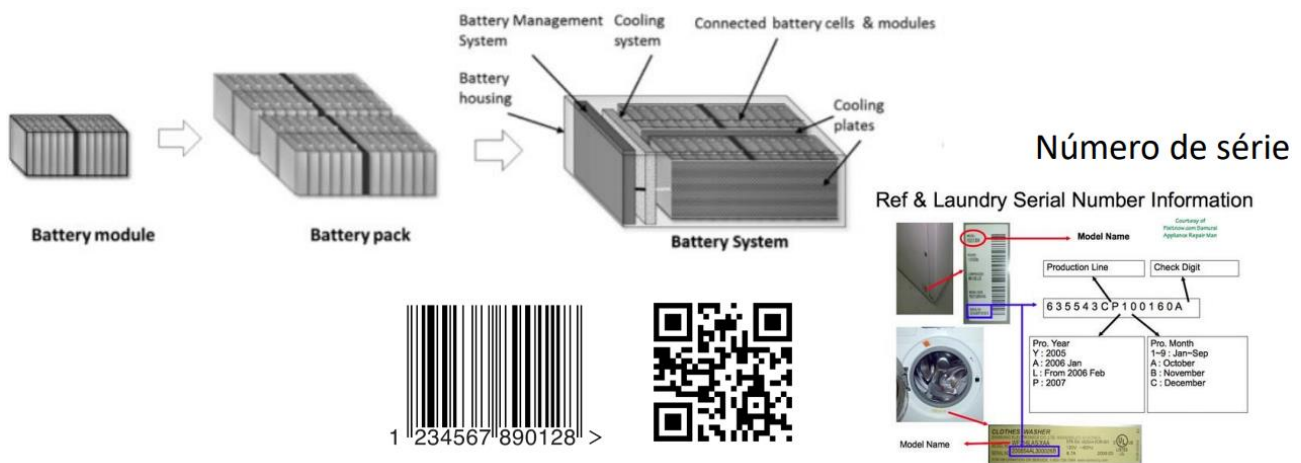
- Monitorização: permitem controlar de forma efetiva o estado das diferentes baterias/módulos, monitorizando dados como a voltagem, temperatura, estado da carga, fluxo de refrigerante, corrente, etc.;
- Indicadores: permite o cálculo de indicadores relevantes com base nos dados anteriores;
- Comunicação de dados relevantes: dependendo das opções, pode haver a possibilidade de reporte dos dados acima para um dispositivo externo, para uma leitura por parte do utilizador;
- Proteção: permite a proteção das baterias, evitando a sobre corrente, sobre tensão, temperaturas excessivas, etc.;
- Otimização: permite garantir que todas as células que compõem as baterias/módulos sejam mantidas no mesmo estado de carga, havendo um balanceamento. Desta forma, não existem células separadas com maior ou menor carga, evitando assim um menor desempenho e duração das baterias.

## 4.3. Informação sobre as baterias e as células

As informações que se consideram relevantes a serem disponibilizadas são as referentes às características da bateria e suas células, para permitirem que estas sejam reparadas, reutilizadas, recondicionadas e recicladas. Estas informações podem facilitar também um tratamento em fim-de-vida que envolva a recolha-triagem-reciclagem. O estudo de van Tichelen e Mulder (2019) propõe a existência de um código de barras, código QR ou semelhante ao número EAN, onde se possa consultar uma base de dados (Figura 5). Assim, o fabricante ou fornecedor, deverá providenciar informação atualizada em três níveis:

- Nível I. Informação pública (sem restrições) – informações gerais, tais como: tempo de vida; pegada do carbono (em CO<sub>2</sub> eq); produtor da bateria; tipo e química do pacote completo da bateria;

- percentagem de materiais reciclados utilizados no cátodo e ânodo; resultados de testes de normas; e referência ao método de reciclagem a ser utilizado;
- Nível II. Informação para profissionais acreditados de entidades terceiras – informações como: dados de desempenho; dados do sistema de gestão da bateria (BMS); teor preciso em matérias-primas críticas; e informação sobre a reparação e desmantelamento;
- Nível III. Informação de conformidade (informações disponíveis apenas para autoridades de fiscalização do mercado, acesso protegido por razões de propriedade intelectual) – resultados de testes para confirmar conformidade (requisitos mínimos de duração para o pack/sistema de bateria, entre outros).



(Fonte: Pires, 2019)

Figura 5 – Exemplo de código de barras/QR para as baterias

#### 4.4. Rastreabilidade dos módulos e dos packs das baterias

O conceito de rastreabilidade foi proposto pela Global Battery Alliance em janeiro de 2020, no Fórum Económico Mundial em Génova. O objetivo do “passaporte” é o de garantir que a procura por veículos elétricos seja atendida pelos fabricantes com responsabilidade e que seja alimentada por baterias sustentáveis. Essa sustentabilidade passa pela garantia de uma cadeia de valor responsável e sustentável da bateria.

Este “passaporte” funcionará como um selo de qualidade numa plataforma digital global para a totalidade do ciclo de vida da bateria, de modo a serem partilhados dados da cadeia de valor, bem como as classificações de eficiência energética de eletrodomésticos ou outras certificações para bens que utilizem baterias. Este conceito dará a possibilidade ao utilizador verificar a proveniência, tipologia química e identidade da bateria, quantificar o seu nível de sustentabilidade e o impacte ambiental. Na área ambiental destacam-se a possibilidade de potenciar a reciclagem das baterias e reduzir as emissões de gases com efeito de estufa, que serão potenciadas pela rastreabilidade e transparência de toda a cadeia de valor (Air Quality News, 2020).



## 4.5. Design para reciclar

Para uma transformação sustentável da indústria da energia e do setor de transportes, é necessária uma produção de baterias com uma boa relação custo-benefício. A reciclagem de baterias já se encontra em constante competição com os fornecedores de materiais virgens para baterias, tanto em termos de preço, como em desempenho do material. Várias publicações indicam que uma melhor separação de fluxos de materiais no início da reciclagem pode levar a uma maior pureza do produto e eficiência de reciclagem (Neumann *et al.*, 2022).

O desenvolvimento de desmontagem de baterias eficientes a uma escala industrial enfrenta ainda atualmente diversos constrangimentos. Por um lado, a rede atual de reciclagem não se encontra projetada para processar vários fluxos de materiais diferentes, mas concentra-se antes no tratamento de uma ampla variedade de matérias-primas num único processo (ver relatório “*Projeto B – Estudo da necessidade de tecnologia recicladora de baterias recarregáveis de lítio*”), por outro, diversos *players* encontram-se a envolver no desenvolvimento/produção/comercialização/aplicação de baterias, o que leva a diferentes designs de baterias e materiais usados, originando uma crescente falta de homogeneidade e complexidade da matéria-prima para a reciclagem destas baterias (Neumann *et al.*, 2022).

Assim revela-se importante a aplicação de um conceito de design para reciclar. O conceito seria baseado em considerar o eventual processamento das células das baterias durante a reciclagem, na fase de projeto da conceção das baterias/módulos novos. O princípio de design estaria focado em três níveis, tais como: o design do módulo e pacote completo da bateria; o desenho da própria célula da bateria; e o design do material. Embora as conexões mecânicas sejam, à partida, fáceis de separar num módulo de bateria, os diferentes tamanhos e formas das conexões podem representar um desafio a trabalhadores humanos, e na futura possibilidade de envolvimento de equipamentos automáticos (robôs). A uniformização destas conexões poderia reduzir significativamente a quantidade de mão de obra envolvida na desmontagem, minimizando o número de ferramentas e etapas necessárias. Conexões permanentes também com recurso a soldas ou adesivos, que são usualmente usadas para unir várias células em um módulo, apresentam um problema e dificuldade muito grandes para a sua desmontagem (Neumann *et al.*, 2022).

No entanto, a aplicação de restrições severas na liberdade de design poderá limitar significativamente as inovações futuras no design dos packs e módulos, incluindo novos sistemas de arrefecimento e sistemas de gestão de bateria (Neumann *et al.*, 2022).





## 5. Ecodesign de baterias

Assim, tendo em contra os requisitos atrás enunciados, propõem-se na Tabela 3 as recomendações a ter em conta para o Ecodesign das baterias de íões de lítio para o setor automóvel e industrial.

*Tabela 3 – Recomendações de Ecodesign para o setor automóvel e industrial relativamente a baterias de íões de lítio*

Requisito	Proposta	Medida
Duração do sistema/pack	- Maximizar o tempo de vida do sistema/pack da bateria.	BIL em veículos com propulsão elétrica ou híbrida, com o mínimo de 80/90% de capacidade de bateria disponível, ao longo de pelo menos 8 anos (considerando que estará na meia-idade).
Sistema de gestão de bateria (BMS)	- Sistema de gestão de baterias com informação parcialmente aberta.	BMS com: - Saúde da bateria; - Tempo de vida útil; - Outras informações gerais; - Possibilidade de atualizações para melhorar a eficiência.
Informação sobre baterias e células	- Facilitar um tratamento em fim-de-vida que envolva a recolha-triagem-reciclagem; - Para modelos de bateria, não sendo individual, ou seja, para cada nível de bateria – sistema, pack e módulo; - Fabricante ou fornecedor devem providenciar informação atualizada de três níveis.	- Informação atualizada: Nível 1. Informação pública (sem restrições) – Informação geral, tempo de vida, resultados de testes de normas, pegada de carbono; Nível 2. Informação só para profissionais acreditados – composição da bateria, teor preciso em matérias-primas críticas, informação sobre a reparação e sobre o desmantelamento; Nível 3. Informação de conformidade (para autoridades) – resultados de testes para provar conformidade. - A célula da bateria também deverá ter esta informação numa base de dados separada.
Rastreabilidade	- Organizar as matérias-primas para conhecer a sua proveniência ética, providenciar estatísticas, reduzir tráfico ilegal de baterias para outros continentes; - Criação de um passaporte (como o promovido pela Global Battery Alliance e sistema de rastreabilidade na China).	- Número de série individual (por bateria) ligada a uma base de dados que localiza os módulos das baterias e os packs que têm origem no mercado interno Europeu; - Base de dados público-privada; - Base de dados ligada à mineração ética; - Parceria com a European Battery Alliance e Global Battery Alliance.
Pegada de Carbono	Cálculo e informação sobre a Pegada de Carbono.	- Calcular a pegada de carbono de acordo com as Regras para a Categoria para a Pegada de Carbono do Produto (RCP - Product Environmental Foot Print Category Rules); - Unidade funcional comparável baseada na garantia.

Requisito	Proposta	Medida
<p>Mínimos para o design e construção do pack da bateria</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoiar a reutilização/reciclagem/recuperação;</li> <li>- Simplificar a reciclagem;</li> <li>- Maior mercado, confiança no consumidor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adicionar informação de desmantelamento para uma base de dados como a IDIS (<i>The International Dismantling Information System</i>);</li> <li>- Introduzir o índice R-R-R-R (reparar, reutilizar, recondicionar e reciclar);</li> <li>- Fácil desmontagem/montagem;</li> <li>- Normalização do hardware, software;</li> <li>- Normalização do interface térmico;</li> <li>- Normalização das dimensões e conexões.</li> </ul>

## 6. Referências

Air Quality News (2020). *Interview: Co-chair of the Global Battery Alliance on the Battery Passport*. Disponível em: <https://airqualitynews.com/2020/06/15/interview-co-chair-of-global-battery-alliance-on-the-battery-passport/>

GBA (2020). *The Global Battery Alliance Battery Passport: Giving an identity to the EV's most important component in partnership with the World Economic Forum*. BRIEFING PAPER NOVEMBER 2020. Disponível em: <https://www.globalbattery.org/media/publications/wef-gba-battery-passport-overview-2021.pdf>

LNEG (2016). Diretiva ecodesign, Documentos de apoio às empresas. Disponível em: [https://www.lneg.pt/wp-content/uploads/2020/06/Diretiva\\_ecodesign\\_Documentos\\_de\\_apoio\\_empresas\\_2016.pdf](https://www.lneg.pt/wp-content/uploads/2020/06/Diretiva_ecodesign_Documentos_de_apoio_empresas_2016.pdf)

Neumann, J.; Petranikova, M., Meeus, M.; Gamarra, J.D.; Younesi, R.; Winter, M.; Nowa, S. (2022). *Recycling of Lithium-Ion Batteries—Current State of the Art, Circular Economy, and Next Generation Recycling*. *Advanced energy materials*. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/aenm.202102917>

Pires, A. (2019). Como desenvolver baterias sustentáveis através do ecodesign. Comunicação apresentada no evento de comemoração dos 10 anos da GVB, Lda. Dezembro de 2019, Santarém.

Sanderson, H. (2019). *Congo, child labour and your electric car. Informal workers produce almost a third of the country's cobalt. Can mining groups address the problem?*. *Financial Times*. Disponível em: <https://www.ft.com/content/c6909812-9ce4-11e9-9c06-a4640c9feebb>

Scooters elétricas (2020). Sistema de gestão de baterias – BMS. Disponível em: <http://www.scooters-eletricas.com/saber-mais/baterias/sistema-de-gestao-de-baterias-bms/>

Van Tichelen, P.; Mulder, G. (2019). *Follow-up Feasibility Study on Sustainable Batteries under FWC ENER/C3/2015-619-Lot 1 Task 2 Report*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.