

os materiais para a **energia** no *Materials 2030 Roadmap*

Neste artigo faz-se um breve resumo das propostas relacionadas com os materiais para a energia no âmbito de um importante documento, muito recentemente divulgado, o *Materials 2030 Roadmap – draft*. Será assim possível ter uma noção das preocupações e prioridades propostas a nível europeu neste domínio, que é fundamental para a transição energética e a sustentabilidade global.

Luís Gil

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

Introdução

Em junho de 2022, foi divulgado o *draft* do *Materials 2030 Roadmap* (M2030R) (1), com autoria de inúmeros especialistas, nomeadamente europeus, num trabalho para a Comissão Europeia, que se baseia na visão do *Materials 2030 Manifesto* (2), publicado em fevereiro de 2022, que refere que a Europa necessita de “*a systemic approach to develop the next generation solution-oriented advanced materials which will offer faster, scalable, and efficient responses to the challenges and thus turn them into opportunities for Europe’s society, economy, and environment today and in the future*”.

Este *draft* do *Materials 2030 Roadmap* foi realizado pelos signatários do *Materials 2030 Manifesto* (2), e as plataformas EUMAT (*European Technology Platform for Advanced Engineering Materials and Technologies*), SUSCHEM (*European Technology Platform for Sustainable Chemistry*), MANUFUTURE (*European Technology Platform*) e EMIRI (*Energy Materials Industrial Initiative*).

A ideia é fornecer uma solução que ajude a fomentar a colaboração entre todas as partes interessadas (por exemplo, investigadores, produtores e utilizadores (B2B, B2C)) para criar produtos mais sustentáveis e assentes em tecnologias baseadas em materiais.

Este documento define as principais áreas de investigação a desenvolver, definindo várias como prioritárias, das quais, **no domínio da energia**, se podem destacar as que se seguem (de entre os 9 mercados de

inovação em materiais (MIM) identificados). Nesta parte do documento é descrita a dimensão do mercado, os desafios no domínio dos materiais, as prioridades de investigação e os benefícios esperados. O resumo das prioridades identificadas para cada um destes MIM é também apresentado a seguir:

MIM2 – *Materiais para o mercado da construção sustentável*

- Materiais para maior eficiência energética
- Materiais com e para uma maior sustentabilidade e circularidade
- Materiais com melhor pegada de carbono a nível de produto e de vida útil
- Materiais com novas funcionalidades/*Smart materials*

MIM 3 – *Materiais para o mercado das novas energias*

- Materiais avançados para tecnologias de produção de energia renováveis e de baixa emissão de GEEs
- Materiais avançados para armazenamento de energia
- Materiais avançados para transformação sustentável de processos industriais de energia intensiva

MIM 4 – *Materiais para o mercado do transporte sustentável*

- Veículos de emissão zero
- Baterias de estado sólido para veículos elétricos a bateria



Figura 1 Documentos base no domínio dos materiais.

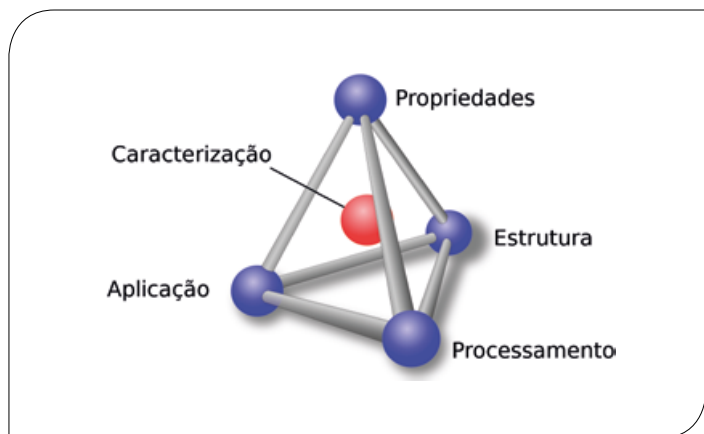


Figura 2 Tetraedro de ciência de materiais (Materials_science_tetrahedron;structure,_processing,_performance,_and_properties.svg; Dhatfieldderivative work: Cyberpunk, Public domain, através da wiki Wikimedia Commons).

- Sistemas de células de combustível de hidrogénio de custo competitivo para veículos a pilha de combustível e combustão direta de hidrogénio para transporte aéreo e marítimo
- Motores elétricos
- Diminuição de peso para veículos e aviões mais eficientes
- Equipamento eletrónico e dispositivos inteligentes para eletrificação, conectividade e controlo

Este M2030R convida todas as partes interessadas a apoiar e colaborar na nova agenda para os materiais estratégicos para a Europa e a desenvolver as ações necessárias para a implementação de uma Iniciativa Europeia de Materiais (Materials 2030 Initiative).

Materiais para a energia no M2030R

Seguidamente vão ser resumidas as principais ideias expressas no documento de referência especificamente no que se refere ao binómio materiais-energia.

Uma das principais linhas de atuação tem a ver com a utilização de poucos recursos, aumento da eficiência energética e descarbonização do processamento dos materiais em geral envolvendo, naturalmente, o uso de materiais renováveis e a circularidade da sua utilização, para além de conceitos como zero-defeitos e otimização de processos (1).

A eficiência energética e a durabilidade dos materiais devem ainda ser mais desenvolvidas. 20% do consumo total de energia (103 EJ) é gasto para ultrapassar a fricção. 18-40% dessa energia pode ser poupada através da aplicação de novos materiais avançados de fricção e de proteção do desgaste e ainda de lubrificantes e isso poderá corresponder a cerca de 8,7% do uso global de energia e a 1,4% do Produto Nacional Bruto (PNB). O maior potencial de poupança neste domínio é nos transportes (9,1 EJ/a) e na indústria da energia (8,1 EJ/a) (1)(3)(4).

No caso do setor das energias limpas, a Europa tem sido pioneira no desenvolvimento de materiais para as energias renováveis, mas em alguns casos (por exemplo no fotovoltaico), a China domina o processamento desses materiais, pelo que esta tendência deve ser revertida para reduzir o impacto na logística e aumentar a resiliência e o emprego na UE (1).

A transição para uma redução no uso de materiais na UE pode trazer benefícios, reduzir o impacto negativo das indústrias intensivas em energia e dar segurança no que se refere ao fornecimento desses materiais (1) (5). O 2022 IPCC sublinha que uma redução absoluta de 25-75% no uso de matérias-primas é indispensável para se atingirem as metas devidas às alterações climáticas (1).

De acordo com o projeto comunitário iBRoad – The Building Renovation Roadmap, 97% dos edifícios existentes na UE não são considerados como energeticamente eficientes e prevê-se que 75-85 % deste parque edificado esteja ainda a ser utilizado em 2050. A ambição da European Construction Technology Platform (ECTP) é a de alcançar uma taxa de renovação de 4-5% na Europa em 2027, com um crescimento de 0,5% ao ano, para se conseguir um rápido crescimento na substituição dos ineficientes edifícios carbono-intensivos. Para isso serão necessárias as designadas Smart Building Technologies, tais como por exemplo, o fotovoltaico integrado, isolamento avançado (por exemplo, com materiais de mudança de fase ou aerogéis), iluminação inteligente, janelas inteligentes, estruturas de betão maciço energeticamente eficientes etc. Também importantes serão os materiais para armazenamento de energia, os novos materiais de origem local, materiais avançados para novos sistemas de iluminação, betão de baixo carbono e tecnologias que permitam o prolongamento da vida útil dos materiais de construção e materiais para infraestruturas de produção de energia renovável. Para isso prevê-se que a fração de materiais avançados seja elevada e que cresça mais de 5% ao ano, nomeadamente na construção dos Zero-Energy Buildings (ZEB) e dos Plus Energy Buildings (PEB) (1).

O setor da energia representa atualmente a fonte de cerca de 75% das emissões de GEEs. Isto requer uma transformação completa da forma como produzimos, transportamos e consumimos energia (1).

As indústrias que produzem materiais-chave como aço, produtos refinados, fertilizantes e cimento e ainda produtos químicos emitem cerca de 500 milhões de ton/ano de CO₂, o que representa 14% do total da UE, de acordo com os ETS greenhouse gas inventories 2019.

Tomando como exemplo a expectável capacidade de produção de hidrogénio verde na UE que é de cerca de 11GW em 2030 (embora o recente documento RePower EU tenha multiplicado várias vezes este valor como meta para 2030), e que o custo do conjunto eletrolítico corresponde a cerca de 45% do custo de capital de um eletrolisador e que cerca de 50%



Figura 3 Construção sustentável com impressão em 3D (Vídeo Autor: Alfredo MilanoDrone views: ItaldronProject by:WASP: Engineering and 3D printing construction Mario Cucinella Architects: Architectural design and project managementIn collaboration with:SOS – School of Sustainability: Research partnerMapei: Materials consultancy and supplyMilan Ingegneria: Structural consultancyCapoferri: Frames engineering and productionRiceHouse: Bio-materials consultancy and supplyFrassinago: LandscapingLucifero's: Lighting designAriatta: Energy and internal comfort consultancyMola: Legno: Timber solutions consultancy and supplyPrimat • Terracuda@: Earthen floor supplyCefla: Electrical solutions supplyUnder the patronage of: Municipality of Massa Lombarda Sponsored by:Ter Costruzioni, CC BY 2.5 <<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5>>, através da wiki Wikimedia Commons).

do custo desse conjunto eletrolítico é devido aos materiais ativos, pode depreender-se a importância económica do fator material neste domínio (1).

No campo da utilização do biometano, é de realçar que contaminantes tais como o siloxano, a corrosão e a resistência à alta temperatura dos queimadores são desafios-chave para os materiais neste mercado. No caso da mistura do hidrogénio com o gás natural o problema, por exemplo, de fragilização dos metais deve ser tomado em linha de conta (1).

Em termos de energia eólica, o aerogerador representa cerca de 64% do investimento total, sendo o custo do material de cerca de 23%, sublinhando, mais uma vez a importância da componente material. Alguns dos desafios neste domínio referem-se a lubrificantes renováveis, para um maior tempo de vida útil e da eficiência energética da transmissão, o desenvolvimento de revestimentos antigelo e antifricção nas pás dos aerogeradores, o aumento de escala da produção de compósitos e o aumento da resistência à corrosão de componentes nomeadamente em aplicações *offshore*, assim como o uso de novas composições de terras raras nos magnetos permanentes (1).

Os desafios relacionados com a transição global para as energias renováveis e baixas emissões de GEEs são os de produzir e integrar maior penetração de energia renovável no sistema energético e o de reduzir a pegada de carbono das indústrias intensivas em energia (1). Detalhes sobre os materiais para uma energia de baixo carbono podem ser encontrados no *EMIRI Roadmap* (1)(6) em que as prioridades são divididas em:

- **Materiais avançados para tecnologias energéticas de baixa emissão de GEEs (solar fotovoltaico, CSP, eólica, bioenergia, geotérmica...)** – tratamentos de superfície para aumentar a adsorção solar; conferir propriedades antierosão, antifricção de gelo, e anticorrosão e revestimentos como barreiras térmicas, para melhorar o desempenho a nível do ambiente, segurança e custo, em linha com as necessidades e preferências da sociedade; melhoramento da fiabilidade, desempenho técnico e durabilidade de componentes e sistemas através do uso de materiais inovadores que consigam suportar a degradação em operação, nomeadamente sob condições extremas de temperatura, pressão, carga, contacto com produtos químicos agressivos e radiação; alguns exemplos para esta prioridade são os nanocompósitos e fluidos de transferência de calor; revestimentos funcionais com prolongada vida útil, nomeadamente para aplicações em *offshore*, novos aços com melhor resistência à corrosão e revestimentos de metais resistentes à fragilização provocada pelo hidrogénio e ainda aços “verdes”;
- **Materiais avançados para armazenamento de energia para facilitar a integração das energias renováveis** – materiais avançados para a produção, conversão e uso de hidrogénio e baterias avançadas; desenvolvimentos para que a rede energética suporte a integração do sistema energético global, nomeadamente a eletrificação progressiva e a integração de portadores de baixas emissões; outras soluções inovadoras de armazenamento de energia (químico, mecânico, elétrico e térmico) necessários a um sistema energético fiável e flexível, requerem materiais inovadores, como sejam baterias de sódio e de potássio, materiais não baseados em recursos escassos para supercondensadores, espumas metálicas funcionais para eletrocatalisadores para produção de hidrogénio, novos eletrólitos sólidos, reciclagem de baterias, membranas para células de combustível de permuta de protões e aniões e portadores de hidrogénio orgânicos;
- **Materiais avançados para a transformação sustentável de processos industriais intensivos em energia** – estão aqui envolvidos novos materiais para processos como a captura, armazenamento e utilização de carbono (CCUS da sigla em inglês), a eletrificação de processos intensivos em energia e para a renovação das infraestruturas necessárias (exemplo: gasodutos para hidrogénio); neste campo podem citar-se materiais porosos para CCUS, catalisadores com base em materiais não críticos, materiais para conversão de calor em eletricidade.

Também o domínio das células de combustível está em desenvolvimento no campo da mobilidade, apresentando desafios a nível dos materiais como os relacionados com revestimentos energeticamente eficientes, redução do uso de materiais críticos e/ou preciosos, aumento do tempo de vida útil das pilhas de combustível, redução do fenómeno de fragilização provocado pelo hidrogénio, melhoria do desempenho a nível da corrosão e envelhecimento, eliminação do uso de substâncias perfluoroalquiladas, controlo da integridade de materiais em sistemas pressurizados.

A transição energética requer quantidades substanciais de materiais minerais críticos (exemplo: cobalto, manganês, terras raras), cujo mercado se prevê que cresça várias vezes até 2030, pelo que é imperativo diminuir a dependência da UE destes materiais, em que os conceitos de reutilização e reciclagem, assim como o do prolongamento de tempo de vida útil, terão muita importância. De referir ainda que existem algumas tecnologias de produção de energia renovável que não dependem ou dependem muito pouco destes materiais críticos, como por exemplo o CSP (*Concentrated Solar Power*) (1).

Os custos da energia eólica continuarão a diminuir significativamente nos próximos 30 anos, graças ao aumento da dimensão das turbinas e a fatores de capacidade assim como otimização da instalação e operação dos parques eólicos. Os desenvolvimentos no domínio dos materiais relacionados (cobre, fibra de vidro e ferro) representaram cerca de 30% da redução de custos conseguida no período 2015-17 (1)(7).

Em 2030 está previsto um mercado global cumulativo de mobilidade a bateria de cerca de 11 000 GWh, do qual a UE corresponde a cerca de 30% (3250 GWh) que, por sua vez, corresponde um mercado global de cerca de 230 mil milhões € em 2030, do qual ~70% será dedicado a materiais avançados (1). Mas também o domínio das células de combustível está em desenvolvimento no campo da mobilidade, apresentando desafios a nível dos materiais como os relacionados com revestimentos energeticamente eficientes, redução do uso de materiais críticos e/ou preciosos, aumento do tempo de vida útil das pilhas de combustível, redução do fenómeno de fragilização provocado pelo hidrogénio, melhoria do desempenho a nível da corrosão e envelhecimento, eliminação do uso de substâncias

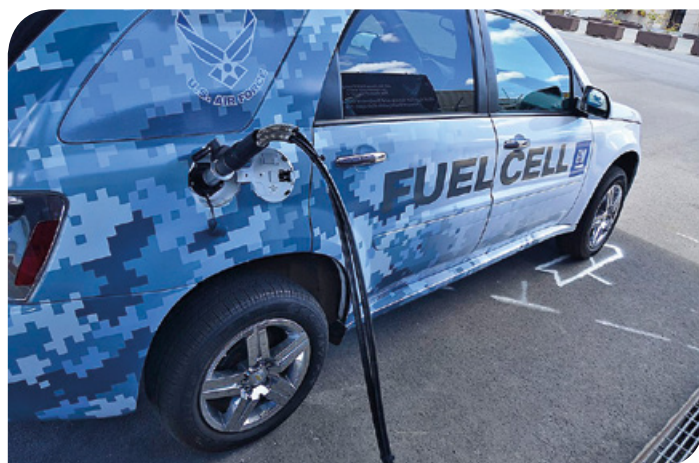


Figura 4 Veículo de fuel cell com hidrogénio (Official Navy Page from United States of America/MC2 Daniel Barker/U.S. Navy, Public domain, através da wiki Wikimedia Commons).

perfluoroalquiladas, controlo da integridade de materiais em sistemas pressurizados (exemplo: juntas e vedantes avançados) (1).

Dada a crescente eletrificação da mobilidade, com uso de motores elétricos, são necessários novos magnetos permanentes (reciclados, com baixo teor de terras raras e microestrutura otimizada). Existem também grandes oportunidades para materiais avançados e para o fabrico aditivo de componentes magnéticos macios em motores elétricos. A redução do peso dos materiais que constituem os veículos também pode desempenhar um papel assinalável, pois por cada 45,4 kg de redução de peso a eficiência no consumo de combustível aumenta em 1-2% (1).

O uso de materiais mais leves a nível da mobilidade pode ter também um grande contributo para a descarbonização da mobilidade, nomeadamente no transporte terrestre e aéreo. Os novos sistemas de propulsão aeronáutica a ser desenvolvidos (exemplo: híbrido-elétrico e com base em hidrogénio) terão necessidade de novos materiais e processos de produção que ultrapassam a tecnologia existente, nomeadamente devido a temperaturas criogénicas e muito altas (1).

Conclusões

Na Europa existem fortes capacidades industriais a nível dos materiais avançados para a energia, existindo um número importante de *stakeholders* no campo industrial e da investigação, que devem ser "utilizados". Há que evitar a dependência de recursos e tecnologia de terceiros. Por exemplo, com a guerra na Ucrânia ficou exposta a dependência europeia do fornecimento de Al, Ni, Pd, Pt da Rússia (8). Por isso, será necessária a

diversificação e o uso de materiais secundários, e desenvolver tecnologias que recorram preferencialmente a materiais "democráticos", ou seja, abundantes e não concentrados geograficamente.

Referências

- [1] *Materials 2030 Roadmap*; <https://prod5.assets-cdn.io/event/7788/assets/8344205751-b86a937e20.pdf>.
- [2] *MATERIALS 2030 MANIFESTO: Systemic Approach of Advanced Materials for Prosperity – A 2030 Perspective*; https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/research_by_area/documents/advanced-materials-2030-manifesto.pdf.
- [3] Holmberg, Kenneth; and Erdemir, Ali (2017). "Influence of tribology on global energy consumption," *Friction*, 5, pp. 263–284.
- [4] Holmberg, Kenneth; and Erdemir, Ali (2019). "The impact of tribology on energy use and CO2 emission globally and in combustion engine and electric cars," *Tribology International*, 135, pp. 389–396.
- [5] Energy-intensive industries (europa.eu).
- [6] *Advanced materials for clean and sustainable energy and mobility – EMIRI key R&I priorities*, september 2019; <https://emiri.eu/wp-content/uploads/2021/07/EMIRI-Technology-Roadmap-September-2019-cond-1.pdf>.
- [7] *Wind turbine cost reduction: A detailed bottom-up analysis of innovation drivers*; A. Elia, M. Taylor, B. Ó Gallachóir, F. Rogan; *Energy Policy* 147, 111912 (2020).
- [8] IHS Market, 2021, *Europe is intended as EU27 plus EFTA countries and UK*. 

PUB

O FORNECEDOR DE ESTRUTURAS DE FIXAÇÃO PARA FOTOVOLTAICO

ESDEC
INNOVATIVE MOUNTING SYSTEMS

FLATFIX

TELHADO PLANO

FlatFix Wave
FlatFix Fusion

CLICKFIT EVO

TELHADO INCLINADO

ClickFit EVO Ondulados
ClickFit EVO Sandwich
ClickFit EVO Telha



RÁPIDO | FIÁVEL | INOVADOR

Sales Manager Portugal | Tiago Antunes | M 00351 964 104 113