

# a importância da **Economia Circular** no fim de vida dos aerogeradores e **painéis** fotovoltaicos

Luísa Magalhães e Inês Gomes  
Associação Smart Waste Portugal

As energias solar e eólica têm vindo a ser consideradas como as energias verdes do futuro e potenciadas, um pouco por todo o mundo, como recurso de produção de energia elétrica.

Fruto da relativa juventude da indústria, hoje, com a aproximação à vida útil destas máquinas, começam a colocar-se alguns desafios no que respeita ao seu desmantelamento, recuperação de materiais e reintrodução na economia, bem como o ecodesign dos próximos aerogeradores e painéis fotovoltaicos.

Nas duas últimas décadas assistiu-se a um crescimento contínuo da tecnologia eólica, quer na Europa, quer em Portugal, e dadas as suas características é possível afirmar que esta se tornou uma das fontes renováveis mais promissoras. Em 2018, a eletricidade gerada a partir de fonte eólica correspondeu a 14% da procura de eletricidade na UE (com 130 000 turbinas eólicas) e a quase 25% em Portugal (Energias Endógenas de Portugal, 2019; WindEurope, 2019). Inclusivamente, a energia eólica é capaz de cobrir, em Portugal, mais de 100% da procura de eletricidade durante determinadas horas, sem a comunicação de problemas por parte do Operador Português do Sistema de Transmissão (TSO).

Pode então considerar-se que, a nível europeu, Portugal é um dos principais produtores de energia eólica, o que permitiu que este setor alcançasse um estatuto de maturidade no sistema elétrico português.

Os aerogeradores são compostos por pás que, através da força do vento, permitem girar o eixo do gerador e, desta forma, transformar a energia cinética do vento em energia mecânica, a qual é posteriormente convertida em eletricidade num gerador ligado ao eixo do rotor. Por este motivo, são constituídos por diferentes materiais (aço, compósitos, ferro fundido, cobre, alumínio) com diferentes propriedades que são consideradas relevantes para garantir uma vida útil entre 20 a 25 anos, sob condições tipificadas do vento.

A indústria da energia eólica está comprometida com a gestão sustentável dos seus resíduos, em linha com a hierarquia da gestão dos resíduos. Nos principais mercados europeus e durante os próximos 5 anos, serão cerca de 14 000 os aerogeradores a atingir os 20 anos de operação [cerca de 600 só em Portugal (Energias Endógenas de Portugal, 2019; Ziegler, Gonzalez, Rubert, Smolka, & Melero, 2018)], sendo necessário uma logística eficiente e soluções técnicas para a sua recolha, transporte e gestão, tendo em consideração a sua dimensão e composição. Urge então a necessidade de criar soluções que deem resposta aos resíduos que irão provir dos aerogeradores instalados nos parques eólicos.

Exemplos destes resíduos são as pás das turbinas eólicas que ora por questões operacionais ou de manutenção, chegam ao seu fim de vida. Estas possuem características específicas que dificultam a sua valorização, como a heterogeneidade de materiais na sua composição, a variação em peso, tamanho e composição do material que, posteriormente, poderá causar transtornos no desmantelamento e transporte das mesmas (Liu, Meng, & Barlow, 2019).

Tendo em consideração as características anteriormente descritas e o facto da fibra de vidro – principal componente das pás – possuir um baixo valor

económico e da resina termoendurecível não poder ser remodelada, faz com que o *design* das pás das turbinas eólicas seja mais desafiador (Liu et al., 2019).

Olhando para esta questão numa ótica de Economia Circular, como sistema industrial que é reparador e regenerativo por intenção e *design*, há duas formas de olhar para este problema: a montante, através das matérias-primas ou a jusante, analisando o fim de vida dos produtos.

Existem já diversos ensaios que procuram estudar a utilização de novas matérias-primas para o processamento das pás, como é o exemplo do linho e do bambu. Também a inserção de resinas termoplásticas se encontra a ser estudada, uma vez que estas permitem a remanufatura do material processado (Liu et al., 2019).

A aplicação de conceitos de ecodesign torna-se então crucial para estender o tempo de vida útil dos produtos por meio da reutilização ou recondição e, desta forma, aumentar o potencial da reciclagem. Tal irá igualmente permitir a conceção de produtos que podem ser facilmente reutilizados, desmantelados, reparados ou facilitar a sua reciclagem em *upcycling*.

Tendo em consideração as vantagens inerentes à energia eólica, a inviabilidade do desmantelamento de toda a frota e que o término dos anos de garantia não se traduz na falta de condições mecânicas, estruturais e/ou elétricas para os aerogeradores continuarem em funcionamento, estão a ser estudadas duas soluções que permitem a continuidade de operação dos parques eólicos que são: a extensão da vida útil dos aerogeradores e a repotenciação das turbinas eólicas.

Tal como a energia eólica, também a energia solar evita a importação e queima de combustíveis fósseis, evitando a emissão de gases com efeito de estufa. E sendo Portugal um país com uma excelente localização em exposição solar para a utilização de painéis solares, tendo um número médio de horas de Sol anual entre 2200 a 3100 horas, pode considerar-se um dos países com melhor posição para o aproveitamento da radiação solar.

A cada hora, o Sol fornece ao planeta Terra uma quantidade de energia suficiente para satisfazer as necessidades de eletricidade, mundiais, durante um ano. Energia esta que pode ser utilizada diretamente no aquecimento e iluminação de edifícios, aquecimento das águas, mas também na produção de eletricidade, através de tecnologias de concentração da radiação. É através do efeito fotovoltaico que é possível converter a radiação solar em energia elétrica.

A implantação de energia solar fotovoltaica cresceu desde o início dos anos 2000, contudo à medida que este mercado aumenta, também aumenta o volume de painéis fotovoltaicos, o que antecipa elevadas quantidades de resíduos de painéis fotovoltaicos em todo o mundo, no início da década de 2030, dada a vida útil estimada dos mesmos de 25 a 30 anos.

A Agência Internacional de Energia Renovável prevê que até 2050 existam cerca de 60 a 78 milhões de toneladas de resíduos de painéis fotovoltaicos em todo o mundo (IEA, 2016). Torna-se então de elevada relevância estudar a gestão do fim de vida dos painéis fotovoltaicos, dado que se o valor do material recuperado for totalmente injetado na economia, poderá exceder os 14 mil milhões de euros em 2050.

A União Europeia foi a primeira entidade mundial a adotar leis específicas para os futuros resíduos de painéis solares. A diretiva europeia (Diretiva 2012/19/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 4 de julho de 2012) inclui objetivos específicos de recolha e reciclagem de painéis solares e obriga todos os produtores a financiar os custos desta recolha. Em Portugal, a transposição da diretiva para o quadro legislativo nacional atribuiu esta responsabilidade aos produtores deste tipo de equipamentos.


Tendo em consideração a hierarquia de gestão de resíduos, também é possível verificar oportunidades na gestão sustentável desta tipologia de resíduos, tendo em conta a Redução, Reutilização e Reciclagem dos mesmos:

- **Redução:** com os avanços no I&D espera-se que exista, num futuro próximo, um amadurecimento do setor, permitindo que a composição dos painéis fotovoltaicos exija a inserção de menor quantidade de matérias-primas e materiais perigosos. Consequentemente, isto melhoraria o potencial de reciclagem e recuperação dos painéis em fim de vida.
- **Reutilização:** a gestão do fim da vida útil dos painéis fotovoltaicos poderá gerar novas indústrias, na medida em que poderão ser utilizados para aumentar o stock para futuros painéis solares ou serem vendidos para outros mercados e produtos que dependam destes, criando um mercado secundário robusto para componentes e materiais de painéis a um preço reduzido.
- **Reciclagem:** na última década, houve um estudo exaustivo relativamente às tecnologias de reciclagem de painéis fotovoltaicos. Estas permitem a recuperação de material dos principais componentes, como são exemplo o vidro, o alumínio e o cobre. Por este motivo, espera-se que à medida que as instalações fotovoltaicas atuais atingem o término da sua vida útil, a reciclagem e a recuperação de material seja preferida à eliminação dos mesmos (IEA, 2016).

Dadas as oportunidades referidas para o fim de vida útil dos aerogeradores bem como dos painéis fotovoltaicos, urge a necessidade da indústria, do governo e de todos os stakeholders preparem e antecipem os volumes de resíduos previstos, quer através da adoção de regulamentos específicos para a gestão destas tipologias de resíduos, bem como através da expansão das infraestruturas de gestão de resíduos, sendo estas adaptadas às condições de cada região e promovendo a contínua inovação por forma a apoiar a criação de valor e de novos negócios. É importante ressaltar que tanto a Avaliação de Ciclo de Vida como o Ecodesign dos produtos deve ser sempre tido em atenção nas indústrias em análise, salvaguardando a extração de novas matérias-primas e valorizando o resíduo como recurso.

Estas estratégias vão de encontro com a missão da Associação Smart Waste Portugal, que visa a envolvimento de todos os agentes do setor através de um trabalho colaborativo, potenciando a economia circular e criando condições para uma maior capacidade de reação a fatores nacionais e internacionais, de forma competitiva, sendo estas temáticas fulcrais para os seus associados.

#### Referências

- [1] Energias Endógenas de Portugal. (2019). *Parques Eólicos em Portugal*, (dezembro 2018). Obtido de <http://e2p.inegi.up.pt> IEA. (2016). End of Life Management - Solar Photovoltaic Panels.
- [2] Liu, P., Meng, F., & Barlow, C. Y. (2019). *Wind turbine blade end-of-life options: An eco-audit comparison*. *Journal of Cleaner Production*, 212, 1268–1281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.043>
- [3] WindEurope. (2019). *Wind energy in Europe in 2018 – Trends and Statistics*, 8.
- [4] Ziegler, L., Gonzalez, E., Rubert, T., Smolka, U., & Melero, J. J. (2018). *Lifetime extension of onshore wind turbines: A review covering Germany, Spain, Denmark, and the UK*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82 (janeiro 2017), 1261–1271. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.100> 

**FE** Fuji Electric  
Innovating Energy Technology

FRENIC FRENIC  
**HVAC / AQUA**

## VARIAÇÃO DE VELOCIDADE PARA POUANÇA DE ENERGIA

Funções específicas para o controlo de compressores, aplicações AVAC e bombagem



**BRESIMAR** AUTOMAÇÃO 