

NEGÓCIOS ASSENTES EM **TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS LIMPAS, SEGURAS E SUSTENTÁVEIS**



IAPMEI



ÍNDICE

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO A necessidade de reduzir as emissões de dióxido de carbono antropogénicas tem promovido uma mudança rápida na forma como produzimos, armazenamos, distribuimos e consumimos energia. Esta transição em curso tem levado ao aparecimento de inúmeras oportunidades de negócio nos diferentes sectores do sistema energético.	3
CAPÍTULO 2 TECNOLOGIAS ENERGETICAMENTE LIMPAS A redução de emissões de emissões associadas à produção e utilização de energia tem-se baseado na utilização de novas tecnologias que permitem usar a energia de uma forma mais eficiente, reduzir as emissões de CO ₂ por kWh de energia produzida e acumular energia produzida a partir de fontes renováveis.	6
CAPÍTULO 3 OPORTUNIDADES, SOLUÇÕES E TENDÊNCIAS A transição energética em curso introduz modificações profundas em todo o sector energético, abrindo novas oportunidades de negócio na produção, acumulação, distribuição e comercialização de eletricidade. O setor da mobilidade é também muito dinâmico.	13
CAPÍTULO 4 CASOS DE ESTUDO A natureza disruptiva da transição energética promove condições ideais para inovação e novas oportunidades de negócio que se estendem por quase todos os sectores económicos e disciplinas. Os exemplos descritos refletem essa diversidade, ilustrando como se pode inovar através da criação de novos produtos e serviços.	26
GLOSSÁRIO	33
REFERÊNCIAS	35
ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS, FIGURAS E TABELAS	38



1. INTRODUÇÃO

A necessidade de reduzir as emissões de dióxido de carbono antropogénicas tem promovido a uma rápida mudança da forma como produzimos, armazenamos, distribuimos e consumimos energia. Esta transição em curso tem levado ao aparecimento de inúmeras oportunidades de negócio nos diferentes sectores do sistema energético.

Fotografia de [Thomas Kelley](#) disponível em [Unsplash](#)

Palavras-chave: Armazenamento, Descarbonização, Digitalização, Eficiência energética, Eletrificação, Energias renováveis, Mobilidade, Sustentabilidade.

1.1. Motivação: crise climática

A subida da temperatura média do planeta, provocada pelo aumento da concentração de gases de efeito de estufa na atmosfera, além de colocar forte pressão sobre os ecossistemas terrestres e marinhos, provoca um aumento da frequência e intensidade de fenómenos extremos como secas prolongadas, incêndios, tempestades e cheias.

A necessidade de mitigar esta crise, limitando o aumento de médio de temperatura a um máximo de 2° C relativamente às temperaturas pré-industriais, tem promovido a descarbonização gradual de todos os sectores da nossa sociedade, nomeadamente do sector energético que é o principal emissor a nível global. Há por isso uma aposta cada vez maior em tecnologias com baixas emissões de dióxido de carbono associadas (CO₂), como são as energias renováveis, e em paralelo uma preocupação crescente com a eficiência energética. Em Portugal, o Plano Nacional Energia e Clima 2030, PNEC 2030 (Conselho Ministros, 2020) é o principal instrumento de política energética e climática para a descarbonização da economia nacional, dando prioridade à eficiência energética e reforçando a aposta nas energias renováveis de forma a garantir uma transição justa, democrática e coesa.

1.2. O potencial das energias renováveis em Portugal

Portugal reúne condições excecionais para a produção de energia a partir de fontes renováveis, tendo em particular um enorme potencial para a produção de energia solar (térmica e fotovoltaica), hídrica e eólica.

Portugal é um dos países europeus com maior número médio de horas de sol por ano, sendo um dos países em que o recurso solar é maior. A energia solar fotovoltaica, por si só, poderia produzir toda a eletricidade que é consumida no país. O recurso eólico disponível é também bastante elevado. Portugal tem hoje uma potência eólica instalada de mais de [5.5 GW](#), sobretudo onshore (em ambiente terrestre), podendo a potência eólica *offshore* (em ambiente marítimo) ascender a [9 GW](#). 

Portugal tem também um importante potencial de energia hídrica, que está hoje na sua maior parte explorado, e tem ainda recursos significativos de energia geotérmica e de energia das ondas.

1.3. Transição energética: tecnologias limpas, seguras e sustentáveis

A transformação do atual sistema energético, fortemente dependente da utilização de combustíveis fósseis, num sistema com baixas de emissões de CO₂ associadas, constitui um grande desafio, mas também uma oportunidade.

A substituição das fontes de energia convencionais, com elevadas emissões de CO₂ associadas, por fontes de energia com baixas emissões de CO₂, usualmente denominadas de limpas, deve por um lado continuar a garantir a segurança do abastecimento de energia e, por outro, garantir que este abastecimento é feito a um custo economicamente sustentável.

As energias renováveis, e em particular a energia eólica e fotovoltaica, já provaram ser capazes de assegurar o abastecimento de energia elétrica limpa a custos competitivos. No entanto, o carácter variável (ou não-despachável, no sentido em que a geração de eletricidade ocorre quando há recurso e não quando há procura) destas duas formas de energia, faz com que não seja possível adaptar a produção de eletricidade às necessidades instantâneas do consumidor, requerendo por isso a introdução de flexibilidade no consumo e/ou o armazenamento de energia quando há excesso de produção, para que esta possa ser utilizada quando necessário. Os sistemas de armazenamento de energia são assim uma peça fundamental do novo sistema energético de baixo carbono.

2. TECNOLOGIAS ENERGETICAMENTE LIMPAS

A redução de emissões de emissões associadas à produção e utilização de energia tem-se baseado na utilização de novas tecnologias que permitem por um lado usar a energia de uma forma mais eficiente, reduzir as emissões de CO₂ por kWh de energia produzida e acumular energia produzida a partir de fontes renováveis.

Fotografia de [Thomas Richter](#) disponível em [Unsplash](#)

2.1. Eficiência energética

A forma mais eficaz de reduzir as emissões de CO₂ associadas ao uso de energia é aumentar a eficiência na sua utilização. O aumento de eficiência reduz o consumo de energia para obter o mesmo bem ou serviço, contribuindo simultaneamente para a redução de necessidades de energia e, por conseguinte, dos custos de produção.

 No âmbito do denominado [*Pacto Ecológico Europeu*](#), a União Europeia tem feito uma grande aposta no aumento da eficiência energética em diversos sectores, incentivando a eficiência dos processos industriais, criando metas e regulando classes energéticas para eletrodomésticos e edifícios em função do seu desempenho energético, estabelecendo mínimos para esse desempenho.

O sector dos edifícios é aquele em que é mais difícil adequar a realidade existente à regulamentação, uma vez que um edifício tem um tempo de vida médio de várias décadas e por isso não basta estabelecer mínimos de eficiência energética para as novas construções, é necessária atuar sobre as construções existentes, um processo demorado, transversal a todo o território e que exige um grande investimento. Neste campo há ainda muito trabalho por fazer, sobretudo quando se verifica que uma fração muito relevante da população portuguesa vive em pobreza energética, sendo a eficiência energética (sobretudo no isolamento térmico) a melhor forma de atingir os níveis de conforto térmico adequados nas nossas habitações.

2.2. Eletricidade solar

Para além do aproveitamento direto da energia térmica do Sol para aquecimento, através da utilização de painéis solares térmicos, a energia solar pode ser utilizada para produzir eletricidade através da utilização de painéis fotovoltaicos ou em centrais solares térmicas.

Numa **central solar térmica**, um conjunto de espelhos refletores concentra a radiação solar num reservatório com um material permutador de calor (gás ou líquido) que pode ser utilizado para produzir vapor que faz girar uma turbina e produzir eletricidade. Existem alguns exemplos de centrais solares térmicas em Espanha, nos Estados Unidos da América e na Austrália, mas a aplicabilidade desta tecnologia é economicamente pouco competitiva e está limitada a lugares com condições específicas, sendo de interesse limitado para Portugal.

Os **módulos fotovoltaicos** são dispositivos que convertem a radiação solar diretamente em eletricidade. A energia solar fotovoltaica é talvez a forma mais versátil de produzir eletricidade; não só pode ser utilizada em todos os pontos do globo, como o seu carácter modular permite em cada momento adaptar a potência instalada às necessidades de consumo. A nível global a energia solar fotovoltaica tem sido uma das formas de produção de eletricidade com maior taxa de crescimento da capacidade instalada, tendo em 2021 assegurado 3.4% do consumo mundial de eletricidade.

Em Portugal, e apesar do seu enorme potencial, esta forma de energia só começou a ser explorada em larga escala recentemente com os leilões de capacidade fotovoltaica que permitiram atingir valores mínimos recorde para o preço de eletricidade. A competitividade económica que esta tecnologia já alcançou, e as condições únicas que Portugal tem para a sua exploração, fazem com que o mercado fotovoltaico português seja extremamente atraente, prevendo-se por isso que nos próximos anos a capacidade fotovoltaica instalada aumente muito significativamente. O objetivo nacional para 2050, no âmbito do Roteiro para a Neutralidade Carbónica é [9 GW](#).



Fotografia de [Anders J](#) disponível em [Unsplash](#)

2.3. Eletricidade eólica

Numa turbina eólica a energia do vento pode ser convertida em energia de rotação que, atuando num gerador, pode produzir eletricidade.

A energia eólica atualmente representa cerca de um quarto da capacidade electroprodutora instalada e, em 2021, assegurou 26% do consumo de eletricidade de Portugal. Em termos de eólico terrestre a quase totalidade dos locais com interesse já está a ser explorada, e um futuro aumento da capacidade só será viável através da substituição das atuais turbinas por turbinas novas, maiores e mais eficientes. Nos próximos anos está previsto um grande aumento da instalação de eólico *offshore*, em particular através da instalação de turbinas eólicas flutuantes, as mais adequadas para a nossa costa.

No início do século, a aposta na energia eólica em Portugal permitiu criar um cluster de empresas no setor que teve um impacto relevante na criação de emprego e exportações. A expectativa é que o desenvolvimento da tecnologia eólica *offshore* nos próximos anos possa contribuir para reforçar a liderança da indústria nacional no sector.



Fotografia de [Nicholas Doherty](#) disponível em [Unsplash](#)

2.4. Outras energias renováveis

A fonte de energia renovável com maior potência instalada em Portugal é a hidroeletricidade (barragens) com 7.1 GW instalados ao longo de [muitas décadas](#). A geração de eletricidade varia consoante as condições meteorológicas; as centrais hidroelétricas asseguram a produção entre 20% e 40% do consumo anual de eletricidade do país, dependendo dos níveis de precipitação.



Outras formas interessantes de produzir eletricidade a partir de fontes renováveis são a energia geotérmica e biomassa e energia das ondas.

As centrais de **energia geotérmica** aproveitam o calor gerado no interior da Terra para produzir eletricidade. O potencial geotérmico é particularmente significativo em zonas de atividade vulcânica e por isso os Açores são a região de Portugal em que o potencial geotérmico é mais elevado. Atualmente existem três centrais geotérmicas em funcionamento, na ilha de São Miguel (Pico Vermelho e Ribeira Grande) e na ilha da Terceira (Pico Alto).

As centrais de **biomassa** podem utilizar como combustível madeira, resíduos agrícolas e florestais, podendo fazer também a valorização energética do lixo doméstico. O princípio de funcionamento é o de uma central térmica tradicional (queima do combustível para produção de vapor que atua numa turbina para produzir eletricidade) embora seja considerada tendencialmente neutra em carbono porque o CO₂ emitido na combustão é compensado pela sequestração de CO₂ pelo crescimento da biomassa. Em média asseguram cerca de [5% do consumo de eletricidade de Portugal](#).



O potencial de **energia das ondas** em Portugal é bastante elevado, tendo o nosso país sido um dos pioneiros no desenvolvimento de tecnologia nesta área com uma central experimental na ilha do Pico, nos Açores, desde 1999, e a criação de uma zona piloto ao largo de São Pedro de Moel, dez anos mais tarde. No entanto, esta forma de energia não alcançou ainda a maturidade tecnológica para que possa ser considerada a sua exploração comercial.

Vale ainda a pena mencionar a utilização de energia renováveis para mobilidade através da utilização de biocombustíveis e uso da biomassa tradicional para aquecimento doméstico.

Neste sentido, há um conjunto de oportunidades de negócio, ao nível de produtos e serviços inovadores e que os jovens empreendedores podem desenvolver para esta área de inovação e tendência muito promissora.

2.5. Armazenamento de eletricidade

A crescente penetração na rede elétrica das energias solar fotovoltaica e eólica, requer uma também crescente aposta em soluções de armazenamento de energia. O armazenamento de energia permite desfasar o momento da produção de eletricidade do momento de consumo, possibilitando a acumulação dos excessos de produção de eletricidade e o seu fornecimento à rede elétrica quando esta é necessária. A utilização de sistemas de armazenamento de energia permite ainda acumular eletricidade em períodos de baixo consumo, quando o preço é mais baixo, e fornecê-la em horas de pico, quando a eletricidade é mais cara, aumentando as margens de lucro do pequeno produtor eletricidade.

Existem diversas soluções de armazenamento de energia que diferem no seu tempo de resposta, intervalo de capacidade oferecida, tempo de descarga, etc. Consoante as suas características, estas soluções podem oferecer diferentes serviços à rede elétrica como, por exemplo, assegurar a estabilidade e qualidade do sinal elétrico, fornecimento de potência, armazenamento de curta-duração de forma a gerir localmente o fornecimento de energia aos consumidores, ou acumular grandes quantidades de energia por períodos prolongados.

A forma de armazenamento de energia mais utilizada em Portugal é o armazenamento em centrais hidroelétricas. De facto, as barragens com albufeira permitem acumular eletricidade na forma de energia potencial gravítica, através da **bombagem de água**. As barragens são particularmente indicadas para armazenar grandes quantidades de energia por períodos longos.

As **baterias** eletroquímicas (ou baterias) são uma forma de armazenamento de eletricidade muito versátil, podendo ser utilizadas em qualquer local. A sua modularidade permite que sejam utilizadas para um largo espectro de aplicações, desde o *prosumidor* (combinação de produtor e consumidor de eletricidade, tipicamente em sistemas de autoconsumo de energia renovável – [ver secção 3.1](#)) ao armazenamento em larga escala. 

Motivado pelo aumento das necessidades de armazenamento de energias renováveis e pelo rápido crescimento da penetração dos veículos elétricos, o mercado global de baterias tem crescido consideravelmente nos últimos anos. As baterias de lítio são o grande motor deste crescimento, sendo a tecnologia de armazenamento que mais cresceu nos últimos anos. Este crescimento tem sido naturalmente acompanhado por uma redução significativa dos custos de produção.

Para além das baterias de lítio, as baterias de chumbo-ácido continuam a ter um papel relevante no mercado de armazenamento de energia, podendo destacar-se como tecnologias emergentes as baterias de Lítio-Enxofre e as baterias de fluxo, sendo estas particularmente adequadas para o apoio à rede elétrica.

2.6. Hidrogénio

O hidrogénio é hoje um gás utilizado em muitas indústrias, desde a produção de fertilizantes à refinação de hidrocarbonetos (petróleo e gás natural) passando pela indústria do vidro ou fabrico de componentes eletrónicos.

Atualmente a forma mais barata de produzir hidrogénio é a partir do gás natural, num processo normalmente denominado de **hidrogénio cinzento** de que resulta a emissão de CO₂ para a atmosfera. Se esse CO₂ for capturado e sequestrado num reservatório, a produção de hidrogénio pode ser considerada um processo limpo, a que chamamos **hidrogénio azul**.

Uma forma alternativa de produzir hidrogénio é utilizando eletricidade gerada a partir de fontes de energia renovável para promover a separação dos átomos de hidrogénio do átomo de oxigénio na molécula de água (um processo chamado eletrólise). Este hidrogénio é denominado **hidrogénio verde** e é uma forma muito interessante de fazer acumulação de eletricidade de longa duração, e também de a transportar em segurança. Por esta razão diz-se que o hidrogénio verde é um vetor energético, que permite não só desfazer no tempo a produção de energia da sua utilização, mas também no espaço. Em Portugal a produção de hidrogénio a partir dos excedentes de produção das energias fotovoltaica e eólica poderá ter um papel determinante na descarbonização do sistema energético português ([ver secção 3.3](#) – descarbonização da economia).

Recentemente a União Europeia aprovou um pacote de investimentos nas tecnologias do hidrogénio de forma a favorecer o desenvolvimento de clusters industriais ao longo de toda a cadeia de valor da economia do hidrogénio, desde a [produção, compressão, armazenamento, transporte e utilização](#). Muitos países estão a fazer grandes investimentos na cadeia de valor do hidrogénio com o intuito de desenvolver melhores soluções de engenharia e reduzir os custos por economias de escala.



3. OPORTUNIDADES, SOLUÇÕES E TENDÊNCIAS

A transição energética em curso está a introduzir modificações profundas em todo o sector energético, abrindo novas oportunidades de negócio na produção, acumulação, distribuição e comercialização de eletricidade. O setor da mobilidade é também muito dinâmico.

Fotografia de [veeterzy](#) disponível em [Unsplash](#)

3.1. Geração distribuída de eletricidade

Um sistema energético baseado em energias renováveis apresenta muitas novidades relativamente ao paradigma tradicional baseado em combustíveis fósseis ou energia nuclear. Uma das grandes diferenças é a possibilidade de geração distribuída, em oposição a geração centralizada de eletricidade em grandes centrais térmicas. O modelo de **geração distribuída** assenta na geração de eletricidade a partir de energias renováveis, sobretudo solar fotovoltaica, feita em pequena escala junto dos locais de consumo.



Fotografia de [Universidade de Lisboa](https://www.ulisboa.pt) disponível em [ulisboa.pt](https://www.ulisboa.pt)

Um exemplo é o de uma família, ou empresa, que instale no seu telhado um sistema fotovoltaico que produz parte da energia que consome. Este modelo é comumente denominado de autoconsumo e o principal ator é o **prosumidor**. O conceito é simples: o sistema solar produz eletricidade solar durante o dia que é consumida localmente, reduzindo ou eliminando a importação de energia da rede durante esse período; durante a noite, ou quando o consumo ultrapassa a geração local de energia, a rede satisfaz o consumo.

De acordo com a atual legislação em Portugal (e de muitos outros países) o eventual excesso de geração solar durante o dia pode ser vendido à rede a preços do mercado grossista, e utilizada por outros consumidores. Este preço pode ser dinâmico, variando ao longo do dia em função do equilíbrio entre geração e consumo a nível global da rede, o que cria uma oportunidade interessante para o **prosumidor**, especialmente se o sistema fotovoltaico estiver acoplado a um sistema de armazenamento, como uma bateria, que permite ajustar o momento de venda à rede de forma a maximizar o valor da energia solar produzida.

Ainda mais interessante do que *prosumidores* individuais é o modelo de **comunidade solar** ou sistemas de autoconsumo coletivos. Neste caso temos um conjunto de consumidores que partilham a eletricidade gerada por um sistema fotovoltaico comum. Porque o consumo agregado de muitos consumidores está mais ajustado ao perfil de geração solar, sobretudo se tiverem padrões de

consumo diferentes como consumidores residenciais, lojas ou escolas. Por exemplo, as taxas de autoconsumo numa comunidade solar são sempre mais elevadas aumentando os proveitos e reduzindo a fatura elétrica. E, claro, como o investimento inicial é partilhado entre mais pessoas, os custos per capita também são menores.

Do ponto de vista de **eficiência** do sistema elétrico, a geração distribuída apresenta muitas vantagens como a redução de perdas (porque o consumo é feito no local de geração e não é preciso transportar a energia ao longo de linhas de alta tensão) e a resiliência da rede (porque se houver um problema na rede, um *blackout*, os consumidores perto do sistema fotovoltaico podem utilizar essa eletricidade e manter o acesso à rede independentemente do que se passa a montante).

Também do ponto de vista **ambiental**, a geração distribuída apresenta virtudes interessantes. Ao contrário de grandes centrais solares no solo, a instalação de sistemas fotovoltaicos em telhados e fachadas de edifícios na cidade não entra em competição com outros usos do terreno, e.g. agricultura ou outras atividades económicas, como o turismo.

Por outro lado, o modelo de geração distribuída levanta novos **desafios** à gestão da rede ([ver secção 3.4](#) sobre digitalização do setor elétrico) e, de uma forma geral, é mais caro instalar pequenos sistemas fotovoltaicos em telhados do que a construção de grandes centrais onde se conseguem custos de instalação muito menores e poupanças por economia de escala.



3.2. Sustentabilidade das soluções energéticas

Todas as intervenções humanas no planeta têm impactos ambientais. A descarbonização do setor energético vai exigir a instalação de muitas centrais de energia eólica e solar, o que vai necessariamente levar a um impacto significativo na paisagem e nos ecossistemas. O desafio da sustentabilidade da transição energética em curso é conseguir construir e operar essas centrais da forma mais benigna possível para o ambiente.

- ☞ Como vimos na secção anterior ([3.1 sobre geração distribuída](#)) o melhor modelo de desenvolvimento de sistemas de energia renovável é a geração distribuída junto dos pontos de consumo. Mas os custos são mais elevados, e a [área dos telhados](#) não é suficiente para alimentar o consumo elétrico das cidades, pelo que vai ser necessário também construir grandes centrais solares fora das cidades.

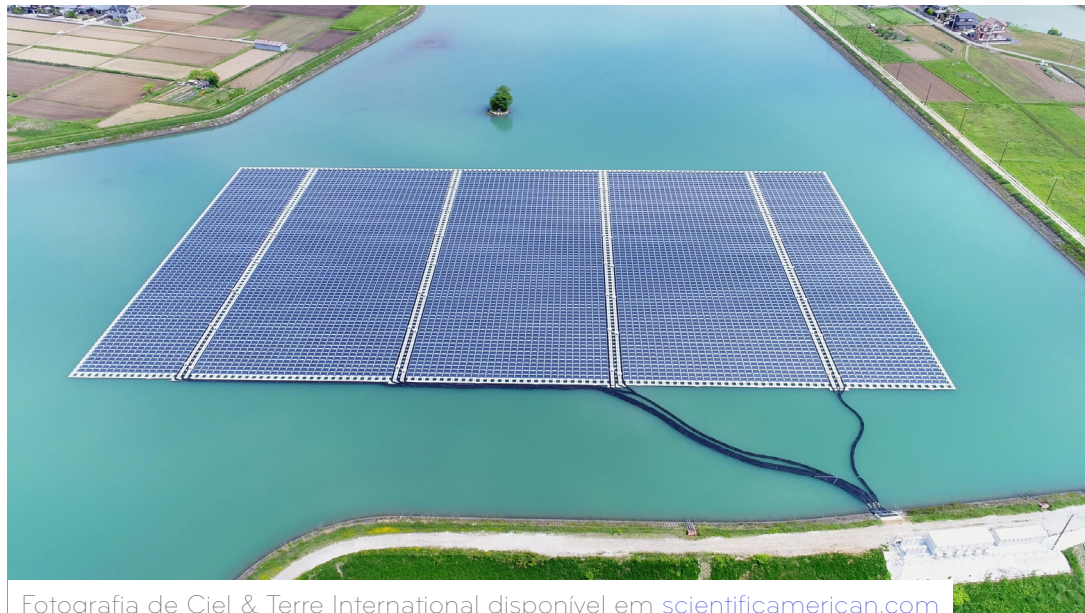
Os investimentos em **centrais solares** são mais rentáveis em locais planos com boa exposição solar perto da rede elétrica. É, pois, natural que muitos dos projetos em Portugal sejam promovidos na região do Alentejo, em áreas relativamente perto das povoações, onde concorrem com outros usos do terreno como o setor agrícola ou o turismo rural, atividades que muitas vezes constituem os principais setores económicos da região. Essa concorrência tem levantado alguma rejeição social a alguns dos maiores projetos de [centrais solares](#) (Diário Campanário, 2021), sugerindo a necessidade de maior participação e auscultação das comunidades locais na fase de planeamento dos projetos.



Fotografia de [Radio Campanario](#) disponível em [radiocampanario.com](#)

Quando possível, é interessante considerar instalar os sistemas fotovoltaicos em áreas onde não concorrem pelo terreno com outros sectores económicos. Exemplos que têm merecido atenção incluem os espaços junto de estradas e autoestradas, antigas minas que já não estão em operação.

A instalação de sistemas fotovoltaicos flutuantes em barragens é muito conveniente porque são locais com acesso à rede elétrica e podem ter impactos ambientais muito positivos, como a redução da perda de água por evaporação (NREL, 2018).



Fotografia de Ciel & Terre International disponível em [scientificamerican.com](https://www.scientificamerican.com)

Uma outra alternativa interessante para minimizar a competição pelo uso do terreno que agora se começa a explorar é a conjugação de centrais solares com a produção agrícola, centrais ditas agrofotovoltaico (ETF News, 2020), em que a produtividade agrícola aumenta pelo controlo de radiação solar que chega às plantas, reduzindo a temperatura e o consumo de água.

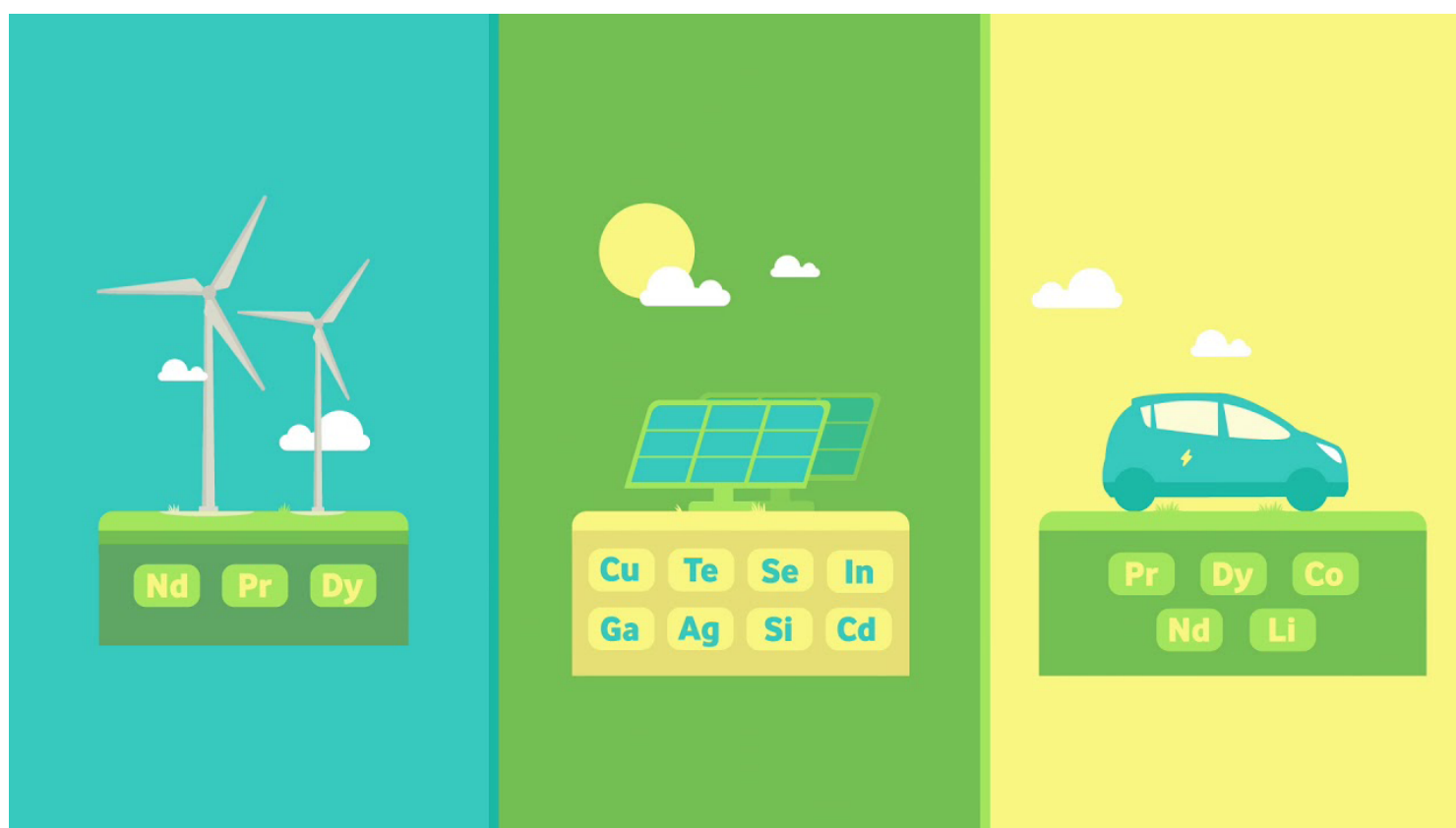


Fotografia de [ReGlobal](https://www.reglobal.com) disponível em [reglobal.com](https://www.reglobal.com)

O caso dos **parques eólicos** tem uma história em Portugal um pouco mais longa (os grandes parques eólicos foram construídos há mais de uma década, no início do século XXI) e, aparentemente, com maior aceitação social das populações locais. Uma possível explicação é o facto de os locais mais propícios para a instalação de parques eólicos serem as cumeadas mais ventosas, tipicamente mais distantes das povoações, muitas vezes em regiões de proteção natural. Talvez por isso a (pouca) contestação que existiu à construção de alguns desses parques foi promovida por organizações ambientais – com o crivo da agência de ambiente – e menos pelas populações (pouco) afetadas.

Já a produção de **biomassa** pode provocar mais impactos ambientais e económicos. De facto, a produção dedicada de matéria-prima para produção de biocombustíveis ou para combustão em centrais de biomassa frequentemente entra em competição direta com a produção agrícola ou florestal, pode ser um grande consumidor local de água e, se plantada em regime de monocultura intensiva, pode ter um efeito negativo na biodiversidade. Embora conceptualmente possamos considerar que o aproveitamento de biomassa florestal (que resulta da limpeza das matas) pode ter um impacto positivo no controlo de incêndios, a prática recente tem demonstrado o [efeito pernicioso desta abordagem](#).

Um aspeto comum de todas as tecnologias para a transição energética é a necessidade de quantidades significativas de **matérias-primas** metálicas para o seu fabrico. De uma forma simplista quase podemos caracterizar a transição energética como uma transição da exploração dos produtos petrolíferos para a exploração mineira. Entre os mais críticos, pela abundância, baixa concentração, distribuição geográfica ou custos de produção, encontram-se o cobalto e o lítio (baterias), as chamadas terras raras (e.g., neodímio e disprósio, utilizados para fabricar ímãs usados em veículos elétricos ou turbinas eólicas), platina (eletrólise para produção de hidrogénio) e o [cobre e níquel](#).



O aumento, que se prevê exponencial, da extração destes materiais terá impactos sociais importantes, e apresenta-se como um risco geopolítico relevante, sendo hoje consensual a necessidade de aumentar significativamente a sua prospeção e processamento em diferentes geografias, acompanhada pelo desenvolvimento de tecnologias que reduzam o impacto ambiental e social da mineração, bem como de processos e regulação que favoreçam a existência de ciclos de reciclagem após o fim de vida dos produtos, numa perspetiva integrada de **economia circular**.

3.3. Descarbonização da economia

A energia não é só eletricidade. Na realidade, apenas uma parte da energia consumida em Portugal é eletricidade, sendo o restante combustíveis para o transporte e para a geração de calor, para [uso doméstico ou industrial](#). Assim, a transição energética deve incluir não apenas a mudança para eletricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis, mas também a descarbonização de todo o sistema energético.



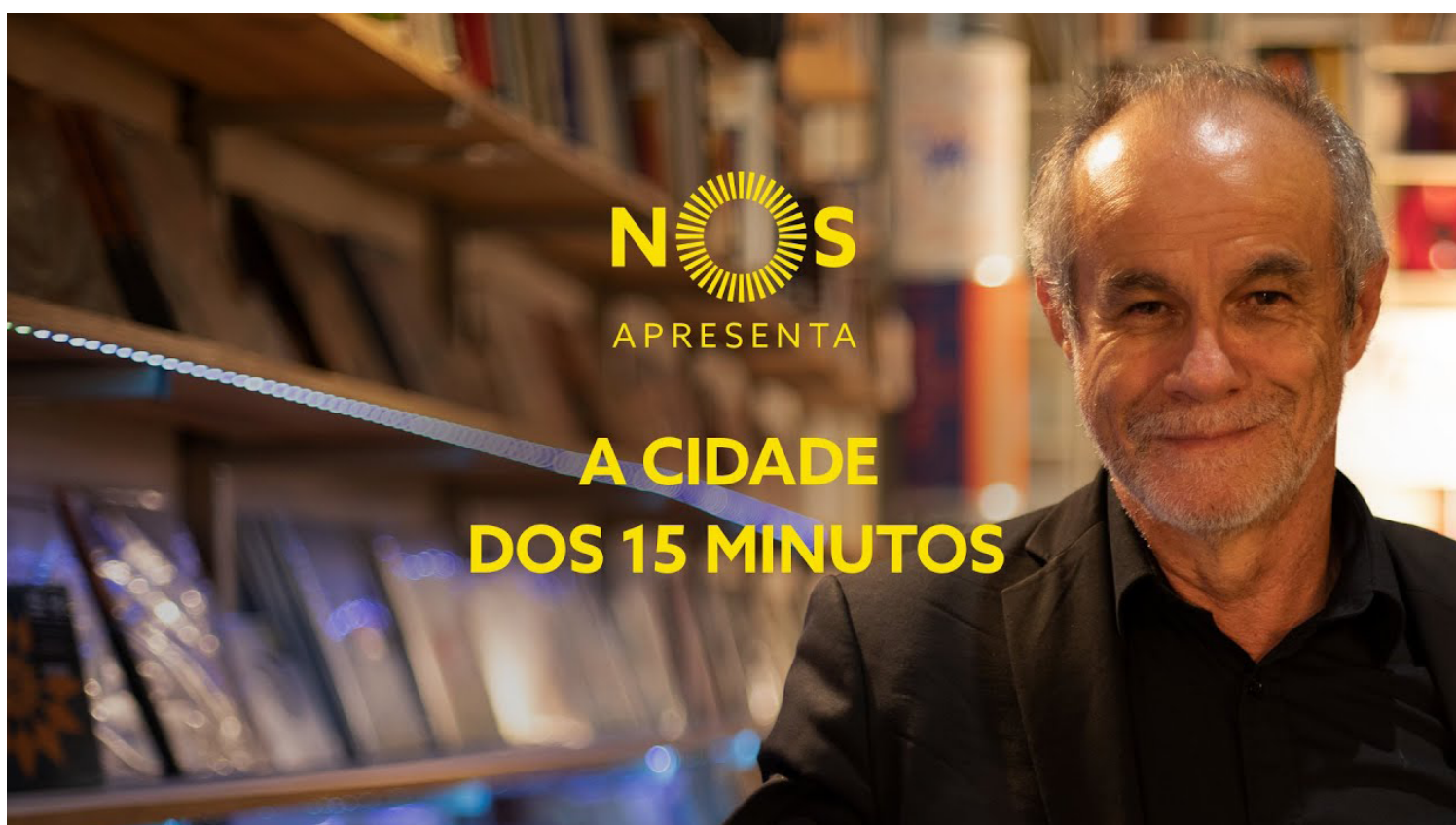
A produção de calor para uso doméstico ou industrial pode ser conseguida pela substituição do uso de gás natural por hidrogénio verde. Contudo, como vimos acima ([secção 2.6 - Hidrogénio](#)), trata-se de um processo tecnicamente bem conhecido, mas ainda muito caro e de baixa eficiência. Indiretamente através do hidrogénio verde ou diretamente com eletricidade produzida a partir de fontes renováveis, a descarbonização de todo o sector energético vai ser conseguida através da eletrificação dos processos industriais ou geração de calor para aquecimento das nossas casas, fábricas e escritórios, e dos transportes.



3.4. Energia e mobilidade

Para o sector dos transportes, que depende hoje de forma crucial da utilização da queima de combustíveis fósseis, em motores de combustão interna, a solução mais viável para a descarbonização é, naturalmente e sempre que possível, a redução do uso do carro individual, a utilização de transportes públicos rápidos, baratos e confortáveis, outras formas de transporte partilhado como o *carsharing* ou o *carpooling*, e os chamados modos suaves de mobilidade, como andar a pé, de bicicleta ou trotinete. Vale ainda a pena referir os impactos previsíveis do aumento de penetração dos carros autónomos, que devido ao seu modo de condução mais eficiente permitirão importantes reduções do consumo de energia e emissões de CO₂ associadas ao transporte.

Tudo isso são objetivos das políticas de mobilidade urbana em muitas cidades, que requerem grandes investimentos, adaptação, políticas integradas de incentivo e de penalização, mas também novas ideias, com inovação de serviços (como as bicicletas e trotinetes partilhadas) e a "reinvenção" do conceito de cidade, a cidade dos 15 minutos (NOS, 2022).



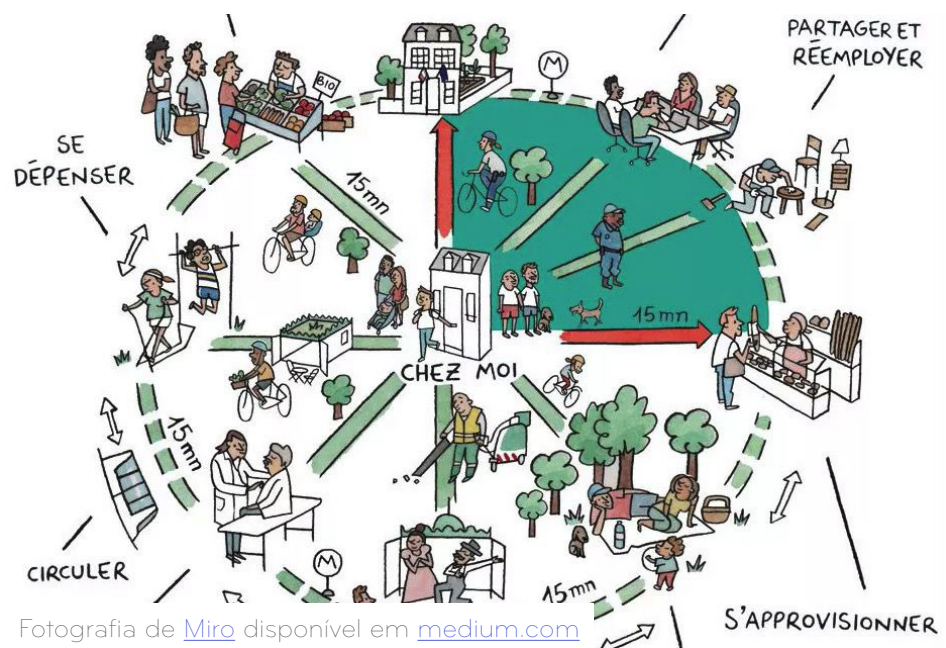
Para os veículos que continuarão a circular nas cidades, a solução passará muito pela transição para o veículo elétrico, cada vez mais barato, [mais seguro e muito menos poluente](#).



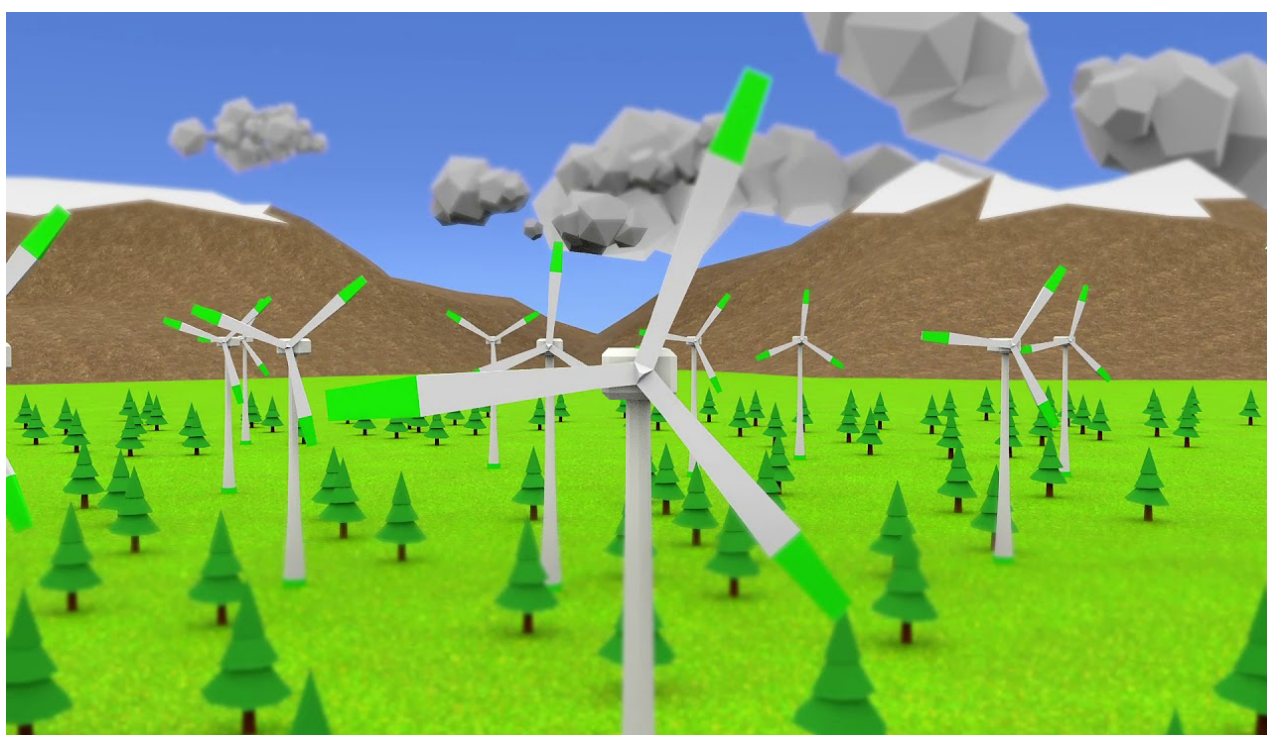
Atualmente os veículos elétricos são a solução mais promissora para promover a redução significativa das emissões associadas à mobilidade. Os veículos a células de hidrogénio (que convertem hidrogénio em eletricidade) não atingiram ainda a maturidade tecnológica dos veículos puramente elétricos, e têm ainda uma cota de mercado pouco significativa, mas prevê-se que a atual aposta nas tecnologias de hidrogénio possa contribuir para o desenvolvimento da mobilidade a hidrogénio.

Mas a mobilidade urbana não é suficiente. A descarbonização dos transportes precisa de resolver ainda o desafio da mobilidade de longa distância, o transporte de mercadorias terrestre e marítimo, e o transporte aéreo. Nestes casos a solução deverá

estar assente no reforço do transporte ferroviário, quando possível, embora seja de esperar que este tenha de ser complementado com outras soluções, cuja tecnologia ainda não está ainda definida; talvez a utilização de veículos com baterias mais eficientes, limpas e baratas, ou a utilização de células de combustível com hidrogénio verde (Scottish Power, 2021).



Fotografia de [Miro](#) disponível em [medium.com](#)

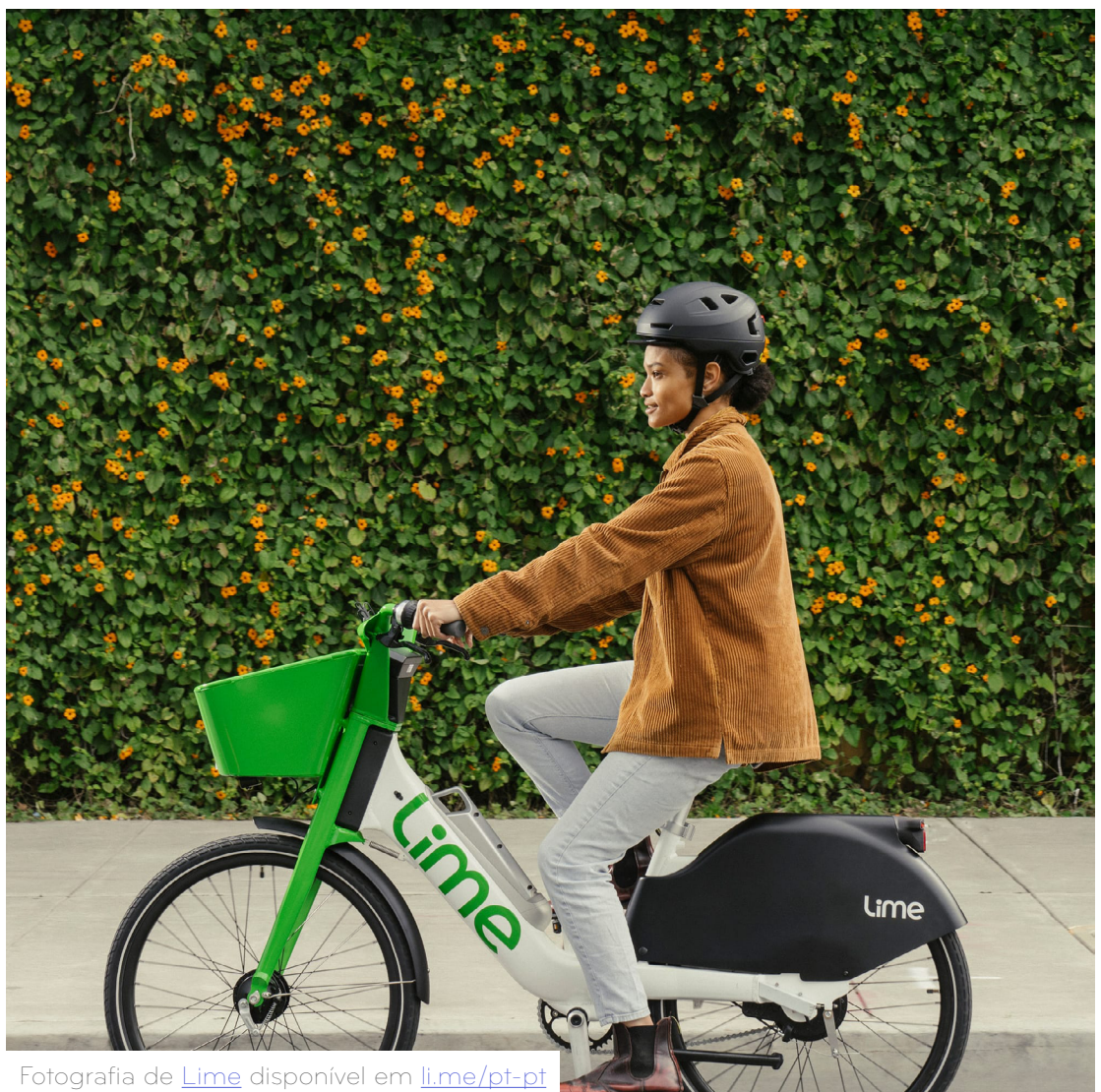




Na área da energia e mobilidade, alguns projetos inovadores têm vindo a surgir e, principalmente, na área das bicicletas e trotinetes urbanas temos projetos nacionais de referência, e.g., [Gira](#), [Light Mobie](#), [Agostinhas](#), [Blue Dragon](#), [BeElectric](#), [Lime](#) e [Voltstore](#), que tem tido expansão nas grandes cidades nacionais e internacionais.



Fotografia de [Gira](#) disponível em gira-bicicletasdelisboa.pt



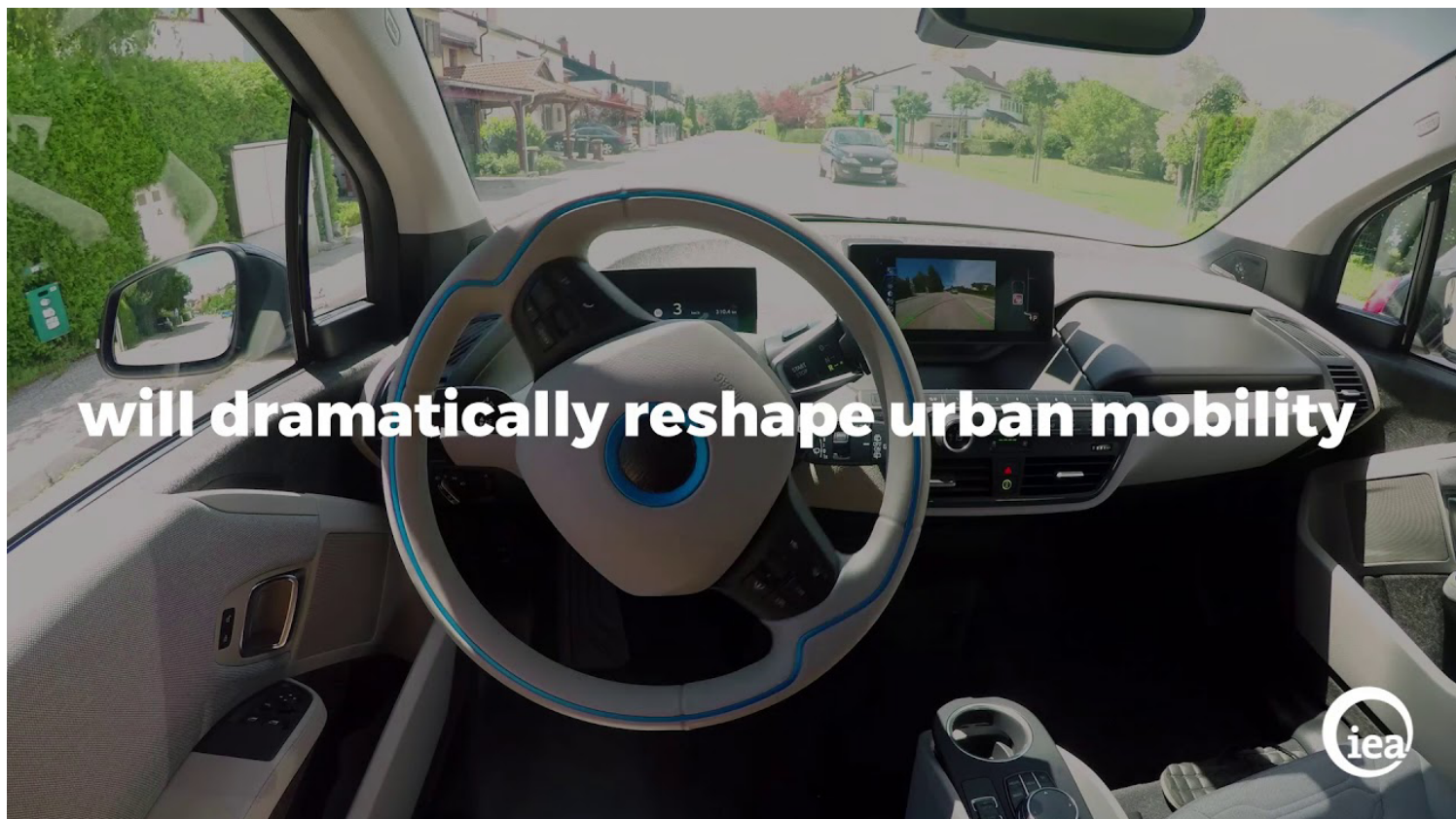
Fotografia de [Lime](#) disponível em li.me/pt-pt

3.5. Digitalização do sector da eletricidade



Fotografia de [Response Source](https://www.responsesource.com/) disponível em mediaserver.responsesource.com

A geração distribuída de eletricidade a partir de energias renováveis que variam no tempo exige uma gestão cuidada e minuciosa de forma a garantir que, em todos os momentos, a procura é satisfeita pela oferta de eletricidade. Este desafio só pode ser conseguido através da **digitalização** do [sector elétrico](#) (IEA, 2017).



A digitalização consiste na conversão da informação para uma forma digital, o que neste contexto significa a monitorização e gestão inteligente e integrada da geração, transmissão e consumo de eletricidade baseada em informação digital a que muitas vezes se chama a **smart grid**. A digitalização é simultaneamente uma necessidade e uma oportunidade para um sistema elétrico mais limpo e sustentável, mas também mais seguro e resiliente, eficiente e barato. A digitalização está associada à ciência dos dados (*big data*), plataformas *online*, computação na nuvem, a Internet das Coisas (IoT), gémeos-digitais (*digital twins*) para modelação de sistemas e dispositivos, aplicação de técnicas de inteligência artificial ou *blockchain* para preservação de dados privados.

São muitos os exemplos onde esta "revolução" já está a acontecer.



- No **sector da geração**, em parques eólicos ou solares, a digitalização oferece a oportunidade de previsão da produção no futuro (*forecasting*) o que permite antecipar momentos com excesso ou défice de produção o que permite que o gestor de rede solicite a outros atores que ajustem a produção de forma a compensar a variação de produção prevista.



- Na **gestão de um sistema de transmissão de eletricidade**, a monitorização digital permite antecipar os diagnósticos de ocorrências de forma remota, tornando o sistema cada vez mais eficiente e reduzindo os custos de operação e manutenção.
- No **consumo doméstico**, a gestão digital dos termóstatos do sistema de aquecimento permite regular de uma forma automática e inteligente a temperatura da habitação, minimizando o consumo de eletricidade, ou iniciar um programa de lavagem quando o custo de eletricidade é menor.
- Num **sistema em autoconsumo coletivo**, a digitalização permite gerir os consumos de forma a maximizar o uso de eletricidade gerada localmente, distribuindo eletricidade e proveitos pelos participantes preservando a sua privacidade.



- Na **mobilidade elétrica**, os utilizadores de veículos elétricos podem carregar os seus veículos num carregador público através do seu contrato habitual com um comercializador de eletricidade.

No entanto, é preciso relembrar que se é inequívoco que a inovação digital traz novas oportunidades para todo o sector energético, também enfrenta grandes desafios, não só de investimento e desenvolvimento de novas soluções, mas também de preservação de elevados padrões de privacidade, segurança e ética, assim como questões de [cibersegurança](#).





4. CASOS DE ESTUDO

A natureza disruptiva da transição energética promove condições ideais para inovação e novas oportunidades de negócio que se estendem por quase todos os sectores económicos e disciplinas. Os exemplos descritos refletem essa diversidade, ilustrando como se pode inovar através da criação de novos produtos e serviços.

Fotografia de [Max Bender](#) disponível em [Unsplash](#)

✍ A natureza disruptiva da transição energética promove condições ideais para inovação e novas oportunidades de negócio que se estendem por quase todos os sectores económicos e disciplinas. Os exemplos que se seguem refletem essa diversidade, ilustrando que se pode inovar – criando riqueza e contribuindo para o mundo mais saudável – através da criação de novos produtos e serviços, por vezes pequenas contribuições incrementais na cadeia de valor de uma tecnologia estabelecida (Chemitek, [secção 4.2](#)) ou uma nova tecnologia (Sonomotors, [secção 4.6](#)), outras vezes formas totalmente novas de resolver problemas antigos (Watt IS, [secção 4.4](#)) ou problemas que só agora começam a aparecer (Gogoro, [secção 4.5](#)). Mas, claro, a diversidade de oportunidades não se esgota nestes exemplos.

4.1. Comunidades solares



Fotografia de [Jornal de Negócios](#) disponível em jornaldenegocios.pt

✍ A [Cleanwatts](#) é uma empresa tecnológica portuguesa especialista em soluções digitais para o setor da energia promotora do projeto *100 Aldeias*, premiado com o Prémio de Inovação Social *Power Technology Excellence Awards*, na categoria de "Impacto Social", para combater a pobreza energética através da criação de comunidades locais de energia renovável e promoção de boas práticas energéticas.

O projeto consiste na instalação de centrais de produção de energia fotovoltaica e de Comunidades de Energia que permitirão a todos os participantes usufruírem de energia local, limpa e descarbonizada, com um desconto de aproximadamente 25% relativamente ao custo da energia da rede durante as horas de sol.

✍ O financiamento do projeto é em parte realizado por *crowdfunding* através da plataforma de investimento sustentável [Go Parity](#).

4.2. Energia solar



Fotografia de [Global Media Group](#) disponível em [globalnoticias.pt](#)

- ✍ A [Chemitek](#) é uma start-up portuguesa criada em 2018 em Esposende que produz produtos de limpeza para barcos e comboios e desenvolveu uma solução para tornar os painéis solares fotovoltaicos mais eficientes. O *Solar Wash Protect* é um líquido com propriedades anti-estáticas e anti-aderentes que se aplica sobre os painéis solares e consegue eliminar os dejetos dos pássaros, pólen e ferrugem destas infraestruturas, reduzindo para metade as necessidades de limpeza dos painéis e consumo de água e aumentando a produção de eletricidade solar em 5%.

4.3. Energia eólica



Fotografia de [EcoOnline](#) disponível em [ecoonline.com](#)

- ✍ A EDP é o principal promotor do projeto [Windfloat](#), o primeiro parque eólico flutuante no mar. A geração de eletricidade a partir de energia eólica no mar (*offshore*) apresenta muitas vantagens relativamente aos parques eólicos mais tradicionais em terra. No mar, o vento é mais intenso e menos variável, porque no mar não há florestas nem montanhas, e por isso uma turbina eólica vai produzir mais eletricidade, os projetos não competem com outros sectores económicos pelo uso da terra e o impacto na biodiversidade é mais reduzido. Mas há muitos desafios: como manter as turbinas acima da ondulação, os custos de instalação, operação e manutenção mais elevados, a ligação elétrica à rede, etc.

O projeto Windfloat começou em 2011 com uma pequena turbina de 2 MW na Aguçadoura e, dez anos depois, a terceira fase do projeto já instalou 25 MW, capaz de gerar energia suficiente para assegurar o consumo anual de 60 mil habitantes.

4.4. Digitalização



- ☐ A [Watt-IS](https://watt-is.com) é uma empresa portuguesa de análise de dados focada na aplicação de Inteligência Artificial (IA) em larga escala e métodos de *machine learning*, combinados com dados provenientes de contadores inteligentes de energia, para gerar valor, não apenas para os consumidores finais de eletricidade (através de um enfoque na eficiência energética), mas também para comercializadores de energia e operadores de redes de distribuição, melhorando a qualidade do serviço prestado e promovendo a geração de novas fontes de receitas.

4.5. Troca de baterias



Fotografia disponível em cloudfront.net

✎ A [Gogoro](https://gogoro.com) é uma empresa de Taiwan criada em 2011 que desenvolveu uma plataforma de troca e carregamento de baterias de veículos elétricos. O modelo de negócio assenta numa rede de cerca de 2000 estações ou quiosques (as GoStations) onde os utilizadores podem trocar as suas baterias descarregadas por baterias carregadas, com uma taxa de assinatura mensal.

O modelo de troca de baterias para veículos elétricos, em oposição ao carregamento rápido em pontos de carregamento públicos, não só reduz o custo e o tempo de paragem do veículo como permite prolongar a vida útil da bateria e pode contribuir para a resiliência da rede elétrica local.

4.6. Mobilidade



Fotografia de [Observador](https://observador.pt) disponível em observador.pt

✍ [Sonomotors](https://sonomotors.com) é uma empresa alemã criada em 2016 para desenvolver e comercializar veículos elétricos com um sistema solar fotovoltaico integrado. O seu primeiro modelo para passageiros, o Sion, tem uma autonomia de cerca de 300 km e 248 células fotovoltaicas integradas na carroçaria que acrescentam, em média, 112 km de autonomia por semana a partir da energia solar. Em condições favoráveis de exposição à radiação solar, o aumento da autonomia da bateria pode ultrapassar os 200 km por semana. Com estes números, a utilização do Sion para pequenas distâncias, casa-trabalho-casa, é quase independente de carregamentos da rede. A Sonomotors também está a desenvolver soluções solares integradas em veículos de transporte de mercadorias.

Os veículos são produzidos numa fábrica na Suécia integralmente alimentada com energias renováveis.

Glossário

- **Armazenamento de eletricidade**

Refere-se a sistemas de acumulação de energia elétrica, durante períodos em que existe excesso de produção de eletricidade (renovável) para utilização posterior.

- **Bombagem hidroelétrica**

Em centrais hídricas reversíveis é uma forma de armazenamento de energia que consiste no bombeamento de água para montante nas albufeiras para produzir eletricidade mais tarde quando a procura aumentar.

- **Capacidade instalada**

É a potência máxima de fornecimento de eletricidade à rede elétrica de uma central elétrica, renovável ou não.

- **Comunidade solar**

É constituída por um conjunto de consumidores que produzem total ou parcialmente a sua própria energia solar.

- **Economia circular**

É um modelo de produção que assenta na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia.

- **Eficiência energética**

ou utilização racional de energia consiste em minimizar a energia necessária para obter um bem ou serviço.

- **Fontes renováveis de energia**

São recursos de energia naturais, capazes de se regenerarem num tempo inferior à escala de vida humana.

- **kW**

(igual a 1000 Watt) é uma unidade de medida de potência elétrica que representa a potência, ou quantidade de energia consumida ou produzida instantaneamente por um equipamento, equivalente a 1000 Joule/segundo. Outros múltiplos comuns de Watt: Megawatt (1 MW = 1000 kW), Gigawatt (1 GW = 1000 MW)

- **kWh**

(igual a 1000 Watt-hora) é uma unidade de medida de energia elétrica que representa a energia consumida ou produzida com uma potência de 1 kW durante uma hora, equivalente a 3 600 000 Joules (unidade de medida de energia no sistema internacional). Outros múltiplos comuns de Watt-hora: Megawatt-hora (1 MWh = 1000 kWh), Gigawatt-hora (1 GWh = 1000 MWh)

- **Não-despachável**

Refere-se ao carácter variável de algumas fontes renováveis, cuja quantidade de energia produzida em cada momento depende do recurso e não da procura de energia.

- **Prosumidor**

É uma agente do sistema elétrico que atua como produtor e consumidor de energia.

- **Sustentabilidade**

É a capacidade de satisfazer as nossas necessidades no presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades.

Referências

Archive TV, (2019), Meet the Swiss town using blockchain to trade solar energy. <https://www.youtube.com/watch?v=QHjAPEkrGlo> (acedido em abril 2022).

Comissão Europeia (2019), Pacto Ecológico Europeu. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt (acedido em abril 2022).

Conselho Ministros (2019), Roteiro para a Neutralidade Carbónica. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RNC2050_PT-22-09-2019.pdf (acedido em abril 2022).

Conselho Ministros (2020), Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030). <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/53-2020-137618093> (acedido em abril 2022).

Diário Campanário (2021), Polémica - Mega Central Fotovoltaica em Santiago do Cacém contestada pela população e ambientalistas. <https://www.radiocampanario.com/ultimas/regional/polemica-mega-central-fotovoltaica-em-santiago-do-cacem-contestada-pela-populacao-e-ambientalistas> (acedido em abril 2022).

BETD (2020), Explainer: Digitalization in the Energy Sector. <https://www.youtube.com/watch?v=gxG1qDH9vjw> (acedido abril 2022).

Chemitek (2022). <https://www.chemitek.pt/> (acedido abril 2022).

Cleanwatts (2022). <https://www.cleanwatts.energy/> (acedido abril 2022).

Dinheiro Vivo (2019), WindEurope. Portugal tem potencial para ter 9 GW de eólico offshore em 2050. <https://www.dinheirovivo.pt/economia/windeurope-portugal-tem-potencial-para-ter-9-gw-de-eolico-offshore-em-2050-12776916.html> (acedido em abril 2022).

DGEG (2022), Estatísticas Direção Geral de Energia e Geologia, Produção anual e potência instalada. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/eletricidade/producao-anual-e-potencia-instalada/> (acedido em abril 2022).

DW News (2016), Wind and watts – forecasting for the grid, <https://www.youtube.com/watch?v=Baghr41Mp1A> (acedido em abril 2022).

Eco (2021), Europa tem em marcha 750 projetos de hidrogénio. Mais de 130 são em Portugal. <https://eco.sapo.pt/2021/12/02/europa-tem-em-marcha-750-projetos-de-hidrogenio-mais-de-130-sao-em-portugal/> (acedido em abril 2022).

EDP (2021). <https://www.edp.com/pt-pt/inovacao/windfloat> (acedido em abril 2022).

Electrek (2022), Massive power outage in Taiwan sends gas stations offline, but Gogoro's electric scooter battery stations powered themselves. <https://electrek.co/2022/03/04/massive-power-outage-in-taiwan-sends-gas-stations-offline-but-gogoros-electric-scooter-battery-stations-powered-themselves/> (acedido em abril 2022).

ETF (2020), Agrivoltaics. APV - what does it mean? <https://www.youtube.com/watch?v=pNaGwsM2eO4> (acedido em abril 2022).

EUSH (2017), Critical Materials for Green Energy Technologies, <https://www.youtube.com/watch?v=hHtzlqygD3Y> (acedido em abril 2022).

Go Parity (2022). <https://goparity.com/pt-pt> (acedido em abril 2022).

Huld, T., Bodis, K., Pascua, I. P., Dunlop, E., Taylor N, Jäger-Waldau, A. European Commission, Joint Research Centre (2018), The Rooftop Potential For PV Systems In The European Union To Deliver The Paris Agreement. <https://www.europeanenergyinnovation.eu/Articles/Spring-2018/The-Rooftop-Potential-for-PV-Systems-in-the-European-Union-to-deliver-the-Paris-Agreement> (acedido em abril 2022).

IEA (2017), Digitalization & Energy: A new era in energy? <https://www.youtube.com/watch?v=oxD4Wv74G4Q&t=80s> (acedido em abril 2022).

IEA (2021), The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions> (acedido em abril 2022).

NOS 5G (2022), Carlos Moreno - A cidade dos 15 minutos. <https://www.youtube.com/watch?v=YZUZBy5JLfk> (acedido em abril 2022).

NREL (2018), Exploring Floatovoltaics: How Floating Solar PV Could Influence Our Changing Energy Landscape. <https://www.youtube.com/watch?v=xvCR2b0HeBE> (acedido em abril 2022).

OMIE (2022), Mercado de Eletricidade Ibérico. <https://www.omie.es/pt> (acedido em abril 2022).

PORDATA (2022), Consumo de energia primária: total e por tipo de fonte de energia. <https://www.pordata.pt/Portugal/Consumo+de+energia+prim%C3%A1ria+total+e+por+tipo+de+fonte+de+energia-1130-9137> (acedido em abril 2022).

Scottish Power (2021), What is Green Hydrogen? <https://www.youtube.com/watch?v=gEByrL5a27c&t=57s> (acedido em abril 2022).

Sonomotors (2022). <https://sonomotors.com/> (acedido em abril 2022).

ThreatAdvice (2017), Cybersecurity And The Energy / Utilities Sectors. <https://www.youtube.com/watch?v=sROvAuGWREA> (acedido em abril 2022).

Watt-IS (2022). <https://watt-is.com/> (acedido em abril 2022).

Wind Europe (2020), Choose Renewable Hydrogen.
<https://www.youtube.com/watch?v=TrqR7JPN7oY> (acedido em abril 2022).

ZAP MAP (2022), Journey Cost Calculator. <https://www.zap-map.com/tools/journey-cost-calculator/> (acedido em abril 2022).

ZERO (2021), Dia internacional de ação sobre a biomassa: ZERO alerta para o erro de converter a Central do Pego para queimar biomassa. <https://zero.org/dia-internacional-de-acao-sobre-a-biomassa-zero-alerta-para-o-erro-de-converter-a-central-do-pegno-para-queimar-biomassa/> (acedido em abril 2022).

Fotografias

Fotografia de [Thomas Kelley](#) disponível em [Unsplash](#)
Fotografia de [Thomas Richter](#) disponível em [Unsplash](#)
Fotografia de [Anders J](#) disponível em [Unsplash](#)
Fotografia de [Nicholas Doherty](#) disponível em [Unsplash](#)
Fotografia de [veeterzy](#) disponível em [Unsplash](#)
Fotografia de [Max Bender](#) disponível em [Unsplash](#)
Fotografia de [Universidade de Lisboa](#) disponível em [ulisboa.pt](#)
Fotografia de [Radio Campanario](#) disponível em [radiocampanario.com](#)
Fotografia de [ReGlobal](#) disponível em [reglobal.com](#)
Fotografia de [Observador](#) disponível em [observador.pt](#)
Fotografia de [Watt-IS](#) disponível em [watt-is.com](#)
Fotografia de [EcoOnline](#) disponível em [ecoonline.com](#)
Fotografia de [Miro](#) disponível em [medium.com](#)
Fotografia de [Global Media Group](#) disponível em [globalnoticias.pt](#)
Fotografia de [Jornal de Negócios](#) disponível em [jornaldenegocios.pt](#)
Fotografia disponível em [cloudfront.net](#)
Fotografia de Ciel & Terre International disponível em [scientificamerican.com](#)
Fotografia de [Gira](#) disponível em [gira-bicicletasdelisboa.pt](#)
Fotografia de [Lime](#) disponível em [li.me/pt-pt](#)
Fotografia de [Response Source](#) disponível em [mediaserver.responsesource.com](#)

AUTORES

Miguel Centeno Brito e
José Almeida Silva

**ENTIDADE
PROMOTORA**

IAPMEI, Agência para a Competitividade e Inovação, I.P.
Departamento de Empreendedorismo e Financiamento
Departamento de Valorização e Capacitação Empresarial

**COORDENAÇÃO &
REVISÃO**

AUDAX – Centro de Inovação e Empreendedorismo do ISCTE-IUL
Pedro Sebastião

DESIGN GRÁFICO

I AM - The Creative House

DATA DE EDIÇÃO

Maio de 2022

COPYRIGHT

2022, IAPMEI

CONCEÇÃO

audax _iscte



IAPMEI

ISBN: 978-972-8191-62-7

