



**UNIVERSIDADE DE LISBOA |
Faculdade de Ciências**

A ENERGIA FOTOVOLTAICA COMO RESPOSTA ESTRATÉGICA ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Trabalho realizado no âmbito da unidade curricular de Sistemas de
Energia Solar

Ano Letivo 2018/2019

Docente: Miguel Brito

Bianca Lage 47134

Carolina Gonçalves 52405

Pedro Silva 48744

INTRODUÇÃO

A concentração excessiva dos gases de efeito estufa na nossa atmosfera leva a um aumento consequente da temperatura global que, por sua vez, intensifica as alterações climáticas. Estas provocam uma instabilidade climática com fenômenos meteorológicos cada vez mais extremos e frequentes. Daí que, ao longo dos últimos anos, a preocupação pública relativa às mudanças climáticas tem aumentando significativamente. Atualmente, cientistas e políticos procuram soluções viáveis para reduzir as consequências provocadas por estas alterações.

Com este trabalho, pretendemos demonstrar o porquê da energia solar fotovoltaica (PV) poder intervir nesta temática como uma possível solução. Esta surge como uma das energias renováveis que mais expectativas apresenta, por cientistas e ambientalistas, de todo o mundo. É uma fonte energética sustentável e ainda economicamente acessível pois apresenta baixos custos de operação e manutenção. Contudo, o PV não apresenta apenas vantagens e nos seguintes capítulos, as desvantagens associadas a esta energia vão também ser destacadas.

Abordados todos os pontos a favor e contra o PV, conclui-se então se esta energia pode ser, ou não, considerada uma boa estratégia para responder às alterações climáticas e qual a melhor estratégia a adotar.

DESENVOLVIMENTO

1. ATUAL CRISE CLIMÁTICA

1.1. Aumento da concentração de poluentes

Em 1992 foi estabelecido um limite para o aumento da temperatura média global de 2°C, em relação aos níveis pré-industriais, de modo a prevenir efeitos mais gravosos e extremos das alterações climáticas.

Contudo, hoje em dia é sabido que a concentração média global dos gases atmosféricos de efeito de estufa continua a aumentar. Através da análise de um artigo, publicado a 31 de janeiro de 2018 pela Agência Europeia do Ambiente, podemos concluir que a atual concentração destes gases implica uma probabilidade de 50% da temperatura média exceder 1.5°C, relativamente aos níveis pré-industriais. Portanto, é expectável que a concentração para temperatura exceder o ponto limite seja atingida nas próximas décadas. Aliás, pesquisas mais recentes sugerem que se não forem tomadas medidas drástica, no final do século, o aquecimento global poderá mesmo atingir os 5°C.

Através do website do Parlamento Europeu, podemos saber que o sector energético foi responsável por 78% das emissões de gases com efeito de estufa nos 28 Estados-Membros em 2015, das quais o transporte representa perto de um terço. Uma vez que, não é expectável que a dependência energética da sociedade venha a diminuir, as alternativas aos combustíveis fósseis são cada vez mais um tópico de extrema importância de modo a manter o equilíbrio do nosso planeta.

1.2. Metas para 2030 e 2050

A Outubro de 2014 foi adotado, pelos líderes da UE, o quadro de ação relativo ao clima e à energia para 2030 que fixa como objetivos a redução em pelo menos 40% (em relação aos níveis de 1990) das emissões de gases com efeito estufa e uma quota mínima de 27% de energia proveniente de fontes renováveis. Contudo, foram feitas uma série de alterações à diretiva comunitária que incluem uma nova meta vinculativa de 32% de energia renovável para 2030. Foram também acordados novos princípios para o apoio ao financiamento de fontes de energia renovável e o reforço do direito das pessoas em produzir a sua própria energia.

Quanto aos objetivos para 2050, de modo a garantir a perspetiva a longo-prazo, os eurodeputados fixaram um objetivo para a redução das emissões de gases com efeito de estufa em 80%, em comparação aos níveis de 2005. A estratégia passa por aumentar a utilização de energias renováveis em mais de 80%, transitar para uma rede elétrica de transportes públicos e pela "descarbonização" das indústrias.

2. ENERGIA FOTOVOLTAICA COMO RECURSO

2.1. Rápido desenvolvimento na tecnologia

Desde a década de 1950, quando as primeiras células solares foram fabricadas comercialmente, houve uma sucessão de países a liderar como grandes produtores de eletricidade a partir de energia solar fotovoltaica. Inicialmente os Estados Unidos, seguiu-se o Japão, Alemanha e, atualmente, a China.

Os Estados Unidos, onde a moderna energia solar fotovoltaica foi inventada, levaram a capacidade instalada por muitos anos. Os cientistas da Bell Labs, Daryl Chapin, Calvin Fuller e Gerald Pearson alcançaram 6% de eficiência com a primeira célula de silício, e logo os primeiros painéis solares foram usados para alimentar satélites em órbita da Terra. Em 1958, o Vanguard I foi lançado com seis células solares produzindo cerca de 1 W de potência. Nos anos 80 e no início dos anos 90,

a maioria dos módulos fotovoltaicos era usada em sistemas de energia autônomos ou de consumo, por volta de 1995, os esforços da indústria concentraram-se cada vez mais no desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos e em campos de PVs. Em 1996, a capacidade de energia solar fotovoltaica nos EUA chegava a 77 megawatts - mais do que qualquer outro país do mundo na época.

Em 1997 o Japão assumiu a liderança como o maior produtor mundial de eletricidade fotovoltaica, depois que a cidade de Kobe foi atingida pelo terremoto Great Hanshin em 1995. Kobe passou por graves interrupções de energia após o terremoto e os sistemas fotovoltaicos foram considerados fornecedores temporários de energia durante tais eventos. Além disso, em dezembro do mesmo ano, ocorreu um acidente na usina de energia nuclear Monju. O Japão permaneceu como líder mundial em energia fotovoltaica até 2004, quando sua capacidade chegou a 1.132 megawatts.

Em 2005, a Alemanha assumiu a liderança do Japão. Com a introdução da Lei de Energias Renováveis em 2000, as tarifas *feed-in* foram utilizadas como um mecanismo político. As mesmas consistem em dar prioridade às energias renováveis na rede e a eletricidade produzida teria um preço fixo num período de 20 anos, proporcionando um retorno garantido do investimento, independentemente dos preços reais de mercado. As instalações fotovoltaicas foram crescendo e atingiram o pico em 2011, no entanto, os custos de investimento foram reduzidos consideravelmente. Em 2016, a capacidade fotovoltaica instalada na Alemanha estava acima da marca de 40 GW.

A China ultrapassou a capacidade da Alemanha no final de 2015, tornando-se o maior produtor mundial de energia fotovoltaica. O rápido crescimento fotovoltaico da China continuou em 2016 - com 34,2 GW de energia solar fotovoltaica instalada. A redução rápida na taxa da tarifa no final de 2015 motivou muitos produtores a garantir que aproveitavam as tarifas antes dos cortes previstos para meados de 2016.

2.2. Descida no custo de produção

Os painéis solares são agora um produto global. Há uma enorme variação no seu custo, com base no tipo e na eficiência. No entanto, o tipo de painéis usados para instalações solares residenciais é bastante padronizado e o custo é basicamente definido a nível global. Esse custo caiu muito nos últimos anos, devido aos avanços tecnológicos. Expecta-se que este valor continue a baixar. Em 1979, os painéis solares eram aproximadamente 100 vezes mais caros do que são

agora. Em 1977, eles eram, aproximadamente, 200 vezes mais caros. Os painéis solares agora custam, cerca de metade do preço que tinham em 2013.

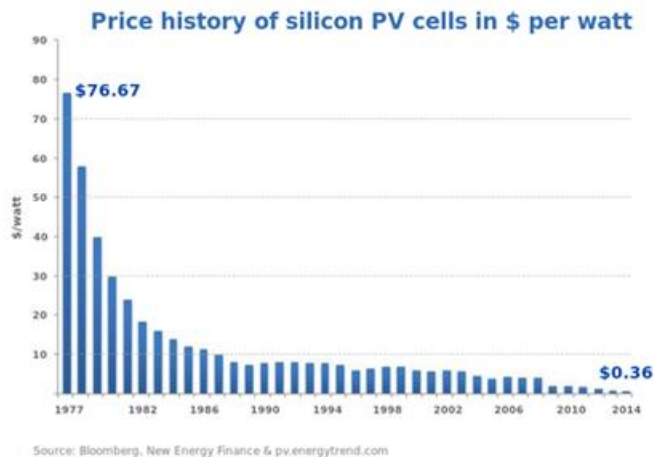


Figura 1 - Evolução do preço dos PV ao longo dos anos.

No entanto os valores aqui referidos não têm em conta um facto importante, o armazenamento. Quando consideramos o armazenamento, o valor total (PV + armazenamento) aumenta. Ainda assim, o valor é baixo se compararmos com o valor das energias não renováveis, que devido ao aumento das taxas de poluição irão tornar-se cada vez mais caras.

2.3. Vantagens face a outras energias renováveis

Existe um leque de energias em alternativa às energias convencionais. Ainda que todas apresentem vantagens, a energia solar é uma, se não, a que mais, se adequa ao nosso país pelo grande aproveitamento solar.

A figura 2 inclui a tabela adotada a partir de um relatório de pesquisa da Clean Line Energy. Esta resume as diferenças nas escalas de tempo dos ciclos naturais de fontes de energia renováveis.

	Decades	Yearly	Seasonal	Days	Hours	Minutes
Solar		■	■	■	■	■
Wind		■	■	■	■	■
Waves/Tides			■	■	■	
Hydropower		■	■	■		
Biomass	■	■	■			
Geothermal	■					

Figura 2 - Resumo das diferenças nas escalas de tempo dos ciclos naturais de fontes de energia renováveis.

Como pode ser visto na tabela, todas as energias renováveis são diferentes em termos das escalas temporais dos seus ciclos de vida.

Fontes de energia como solar e eólica (que dependem das condições atmosféricas), exigem padrões muito flexíveis para gerir o balanço entre a oferta e a procura. No entanto podem-se juntar com outro tipo de energias mais estáveis, que usem energia renovável, tornando mais fácil de gerir esse balanço. Podemos também notar que, quanto mais curtas as escalas de variabilidade temporal de uma fonte de energia, mais flexível ela é, e menos investimentos iniciais são necessários para a instalação dos equipamentos necessários (por exemplo: energia solar), com a exceção da biomassa.

Para além disto, a energia solar é das mais baratas em termos dos custos iniciais. Tendo ainda como vantagens adicionais o facto de necessitar de pouca manutenção (sendo a mesma bastante simples), o investimento feito inicialmente é recuperado num curto espaço de tempo e uma fácil adaptação às necessidades do produtor.

2.4. Incentivos do estado para instalação do PV

O decreto-lei 153/14, em vigor desde janeiro de 2015, anulou as práticas em relação aos benefícios do uso de energia solar, desincentivando a venda de excedentes energéticos à rede e privilegiando o chamado autoconsumo, com custos praticamente nulos.

Ou seja, antes era possível que os excedentes da energia solar fossem negociados com as distribuidoras a um preço de 30 cêntimos por kW/hora. Atualmente as receitas podem ser obtidas apenas por 4 cêntimos por kW/hora e mediante uma autorização especial para o efeito, inicialmente não requerida.

A melhor forma de tirar proveito dos PVs em Portugal é a sua utilização para autoconsumo.

Nota: Estes valores do preço de energia não são constantes ao longo dos períodos da lei e provavelmente não correspondem a realidade para todas as regiões de Portugal.

3. LIMITAÇÕES DA ENERGIA FOTOVOLTAICA

3.1. Escassez de material para a sua construção

Na construção de painéis fotovoltaicos, um dos materiais que mais limitações causa na futura ampliação da produção é a prata. Este material, é um constituinte importante das células solares devido a sua capacidade condutora de eletricidade. Existem outros materiais que são capazes de substituir a prata nesta função, no entanto a sua utilização implica perdas de eficiência, que fazem com que essas células sejam menos competitivas que as de prata.

Os especialistas estão a reduzir a quantidade de prata que cada célula solar precisa, no entanto existe um limite máximo que pode se retirar. Como a prata é um minério raro, é expectável que o aumento da produção solar, leva a um aumento do preço deste recurso, a não ser que sejam encontradas alternativas ou novas fontes.

Outra limitação de material que poderá existir para a energia fotovoltaica, vai ser o lítio das baterias, que apesar de existir em grandes quantidades na terra, encontra-se disperso devido a sua alta reatividade. O lítio também é usado para muitas outras aplicações para além das baterias que são utilizadas conjuntamente com a produção fotovoltaica. Um aumento da produção de baterias para os carros elétricos, poderá implicar uma maior escassez do recurso ou dificuldade de produção que eventualmente irá causar um aumento dos preços das baterias, e por consequência de instalações PV.

Uma das possíveis soluções para estes problemas relacionados com os materiais seria a sua reciclagem e reutilização. Usando painéis antigos ou baterias gastas, tentar extrair os componentes e materiais mais importantes, reduzindo assim a demanda que teríamos por estes materiais.

3.2. Locais com pouca radiação solar

Outra limitação para a instalação de painéis solares, é radiação solar que incide sobre um certo lugar. Certos lugares da Terra são perfeitos para painéis solares, pois sobre eles incidem grandes quantidades de fotões e encontram-se sobre valores de temperatura adequados. No entanto em contrapartida existem lugares onde as condições meteorológicas ou a sua localização no globo implicam pouca ou nenhuma incidência solar, durante períodos de tempo consideráveis. Estas zonas fazem com que a instalação de fontes de energia fotovoltaica seja um investimento pouco rentável, pois requerem uma maior potência a ser instalada

para suprimir um certo consumo, bem como maiores capacidades de armazenamento para garantir a energia durante os períodos de 0 ou pouco produção solar.

Também existem lugares onde a radiação solar é alta, no entanto devido às altas temperaturas a que os painéis solares se vão encontrar durante o dia, e partículas de pó e areia que são arrastadas pelo vento, tapando assim as células solares, fazem com que a nossa produção elétrica não seja tão alta como esperado.

3.3. Armazenamento

O armazenamento é uma das maiores limitações que diminui a competitividade da energia solar. Dependendo da localização no globo ou das condições meteorológicas, vamos precisar de diferentes quantidades de armazenamento para garantir o mesmo período de autonomia. Independentemente disso todas as instalações solares que são realizadas na terra vão necessitar de armazenamento, pois a produção de energia solar só existe durante os períodos de sol e varia de dia para dia.

Esse armazenamento que vamos precisar vai ter que ser providenciado pelas baterias, pois apesar de existirem alternativas como as centrais de hidrogénio ou de ar comprimido, estas tecnologias ainda se encontram em fase de pesquisa e desenvolvimento. Temos também o armazenamento através da energia hídrica com albufeiras, que causa, no entanto, elevados impactos no ambiente, sem esquecer também que grande parte deste potencial hídrico, já se encontra a ser utilizado na maioria do globo.

As baterias que possuímos atualmente encontram-se muito limitadas pelas suas capacidades, bem como a energia que podemos tirar delas de modo a manter a sua longevidade e a velocidade com que o fazemos. Para localizações onde as necessidades energéticas são repentinas e intensas (grande parte do mundo desenvolvido nas horas de pico), seria necessário uma maior capacidade instalada de armazenamento de modo a não comprometermos a vida útil das nossas baterias.

A utilização de armazenamento nas instalações PV é essencial para garantir a estabilidade da rede elétrica e implica por isso custos acrescidos nas baterias. É preciso ter em conta, no entanto o possível decréscimo do custo das baterias através das economias de escalas e futura pesquisas que serão realizadas.

Com o avanço dos carros elétricos, e a produção das suas baterias é possível que se consiga encontrar melhores alternativas, através da pesquisa conjunta deste tema para as indústrias que a utilizam (carros elétricos e painéis PV, entre outras) ou através duma redução do custo de produção com o aumento das capacidades de as produzirmos.

3.4. Instabilidade

A utilização de energia solar como fonte de energia, vai aumentar a instabilidade que existe na rede elétrica. A energia solar vai encontrar dificuldades, no fornecimento das necessidades energéticas da curva de carga e na falta de qualidade de energia que é fornecida ao utilizador. Com o aumento da preocupação pública com as alterações climáticas, é expectável que a energia solar seja a melhor e mais apostada das fontes renováveis existentes. Este o aumento da produção elétrica em corrente contínua, e a sua transformação em alternada através de inversores vai contribuir para a desestabilização da rede elétrica, que cada vez se encontra mais frágil.

Se vamos apostar em energia solar, vai ser preciso definir-se estratégias para combater esta situação, através da microgeração de energia, uma atualização da rede elétrica ou uma modificação da forma como a energia é distribuída.

Outra possível causa de instabilidade para futura geração PV, vai ser causada pelas mudanças climáticas. Para um intervalo de 30 anos no futuro, é expectável que para a grandes maiorias dos países da União Europeia que a produção PV por painel desça e que as variabilidades anuais, mensais e diárias aumentem para a grande maioria das regiões. Das regiões que fazem parte da União Europeia, os países que se encontram a Sul (nomeadamente a Ibéria) são os que menos vão sentir esta instabilidade, havendo até o ganho de alguns benefícios na produção anual de energia através da diminuição da variabilidade, e de um possível aumento ligeiro da produção PV. Existe, no entanto, algumas incertezas sobre o efeito das mudanças climáticas em países como a França e Itália.

Tendo tudo isto em consideração, podemos afirmar que felizmente Portugal não será muito prejudicado pelas mudanças climáticas em relação à energia fotovoltaica. O potencial fotovoltaico que possuímos é elevado e o impacto das alterações climáticas não é muito significativo para esta região.

Apostar na energia fotovoltaica, também vai trazer as suas desvantagens, mas Portugal possui também de um elevado potencial hídrico que poderá juntamente com a ajuda das baterias facilitar esta transição.

4. ALTERNATIVAS

4.1. Agregação de energias provenientes de diferentes fontes

Pesando todos os prós e contras associados ao PV, é expectável que este terá um papel importantíssimo e vital no nosso futuro. O seu potencial é enorme uma vez que, numa única hora, a quantidade de energia solar que atinge a Terra é maior do que aquela que o mundo consumo num ano inteiro. Isto leva vários cientistas a crer que um dia esta poderá ser a principal fonte de energia, daí que, inúmeras investigações estejam a ser levadas a cabo. Contudo, é também sabido que, pelo menos para já, o PV não consegue suprir os consumos mundiais sozinho, pois esta é uma fonte de energia variável no tempo.

Os sistemas elétricos tem de ser capazes de ajustar a produção ao consumo a qualquer altura e, para tal, a integração de diferentes fontes de energia é essencial. A agregação da energia solar e da eólica, que funcionam ao seu máximo a diferentes alturas do dia, é uma boa solução para uma escala diária. E ainda, em regiões como a Europa, que tem uma grande irradiação no verão e um alto potencial eólico no inverno, esta combinação proporciona grandes vantagens. Porém, em locais como os EUA e Índia, o PV está bem relacionado com a procura a uma escala sazonal logo, a integração com o vento não traz assim tanta vantagem.

No entanto, tal como a solar, a eólica também não é uma fonte despachável. É, portanto, de extrema importância incluir um vetor que possa dar uma resposta rápida e estável quando estas não o conseguem fazer. Na fase em que nos encontramos, o *mix* entre fontes de origem fóssil e renovável é imperativo. No entanto, é esperado que a transição seja em direção a um mundo 100% renovável. Portanto, o mais comum seria recorrer à energia hídrica. Estudos apontam que o hidrogénio é também uma boa aposta para o futuro. Já o gás natural é também uma boa opção quando comparada às outras energias de origem fóssil.

Podemos então concluir que o futuro da rede elétrica caminha na direção do totalmente renovável e para tal não vamos poder estar dependente apenas do PV mas sim de um *mix* incluindo fontes energéticas de diferentes origens. A gestão do consumo e a interligação da rede entre países vão também desempenhar papéis fundamentais.

Alternativamente podemos apostar em projetos de aumento de capacidade de armazenamento, através de baterias ou outras tecnologias em desenvolvimento, de modo a podermos guardar a energia produzida durante o dia pelo solar, que

vai ser necessária durante a noite. No entanto existem algumas dificuldades na resolução deste problema, e uma das ideias mais prováveis, que até já se encontra a ser desenvolvida, é interligação de redes elétricas de diferentes países e a sua produção elétrica, tal como está a acontecer com a “rota da seda” da China.

CONCLUSÃO

Concluindo este trabalho podemos, com grande certeza, afirmar que a energia PV é, e vai continuar a ser, uma das principais formas de combate às mudanças climáticas. A sua baixa pegada ecológica vai ser essencial para reduzir as emissões causadas pela excessiva produção elétrica. Ao mesmo tempo, o seu baixo custo de produção e facilidade de instalação vão servir como incentivo para uma sociedade cada vez mais eletrificada.

Contudo, sabemos também que as alterações climáticas vão levar a uma diminuição significativa na produção PV e que, são necessários mais estudos e investigações para superar estes desafios e tornar esta uma fonte fiável. No entanto, muitas zonas já tem um fraco potencial PV e não seria expectável a utilização de painéis como principal fonte de energia. Quanto à região em que nos encontramos (Ibéria), os impactos das mudanças climáticas no PV são negligenciáveis, pois esta continua a ter um elevado potencial.

É preciso ainda ter em consideração que a energia solar, por si só, dificilmente irá ter capacidade de suprir todas as nossas necessidades elétricas. Atualmente, a autonomia que uma instalação PV pode garantir é relativamente baixa. Portanto, a solução vai passar pela utilização de diferentes fontes de energia em conjunto, de modo a ser possível igualar o consumo à produção a qualquer altura. Políticas de poupança e avanços tecnológicos vão também ser imperativos na transição para uma rede elétrica renovável.

BIBLIOGRAFIA

1. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/atmospheric-greenhouse-gas-concentrations-10/assessment>
2. https://ec.europa.eu/clima/citizens/eu_pt
3. <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-169-2014-INIT/pt/pdf>
4. <http://www.europarl.europa.eu/news/pt>
5. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/ALL/?uri=CELEX:52011DC0885>
6. <https://www.jn.pt/nacional/especial/interior/paineis-solares-no-escuro-apos-o-fim-de-incentivos-9910738.html>