

Radiação e energia solar

Clarisse Magarreiro, Sara Freitas, Miguel Centeno Brito

Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Quase toda a luz que ilumina o nosso planeta vem direta ou indiretamente do nosso sol. A luz do dia e a iluminação natural são radiações eletromagnéticas na região do visível que chega do Sol. A iluminação artificial, gerada em lâmpadas ou LED, é alimentada por energia que vem ou veio (num passado muito longínquo no caso dos combustíveis fósseis) da nossa estrela¹.

A radiação solar é fonte de vida porque, graças a ela, crescem as plantas que produzem oxigénio e nos dão alimento, que nos fornecem energia para vivermos. Mas a radiação solar também pode ser aproveitada para produzir eletricidade e alimentar o mundo em que vivemos. Uma das formas de o fazer é através da conversão fotovoltaica em que um dispositivo, chamado célula solar, converte a energia solar em energia elétrica. Trata-se de um processo fiável, limpo e sustentável, porque inesgotável e não poluidor, e com um recurso abundante e bem distribuído pelo planeta.

Para avaliarmos o potencial da energia solar fotovoltaica numa determinada região ou cidade, ou para projetar sistemas fotovoltaicos, interessa caracterizar a radiação solar que chega a cada sítio e em cada instante.

O cálculo da irradiância horária num local de um planeta sem atmosfera seria um problema “bem comportado” dependendo só da latitude, do dia e da hora e de algum conhecimento de trigonometria esférica. Mas na Terra, temos atmosfera. É portanto preciso levar em consideração os diferentes processos que aí ocorrem, em particular a dispersão

e a absorção da luz nos gases e partículas atmosféricas, afetando de forma diferente os diferentes comprimentos de onda da radiação solar incidente.

Um dos principais efeitos da atmosfera é alterar o ângulo de incidência de uma fração dos raios solares. Isso significa que, para um observador na superfície terrestre, a radiação solar divide-se em três componentes principais, com características diferentes:

- a radiação direta (que projeta sombras) vem diretamente da direção do disco solar;
- a radiação difusa (que inclui a radiação solar de todas as direções do céu, com a exceção do disco solar), e
- a radiação refletida (que resulta da reflexão da radiação solar na superfície, dependendo portanto das propriedades ópticas da superfície), também denominada albedo (Figura 1).

$$\text{Irradiância Global} = \sum_{\text{dias}} \sum_{\text{horas}} \text{Direta} + \text{Difusa} + \text{Refletida}$$

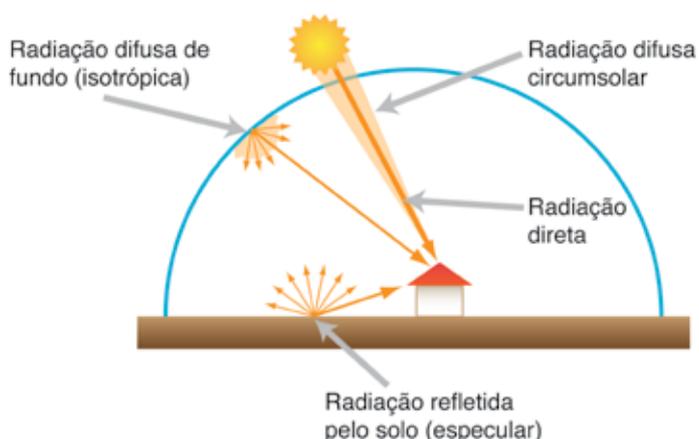


Fig. 1 - Representação esquemática das componentes constituintes da radiação global incidente numa superfície.

¹ Pelo seu pequeno impacto em termos globais, estamos a ignorar outras fontes de energia não-solares como a energia nuclear, energia geotérmica de profundidade e a energia das marés cujas fontes são radioativa ou gravítica, respetivamente.

Como os efeitos dos processos atmosféricos de absorção e dispersão da luz solar dependem de condições meteorológicas difíceis de prever com rigor, na prática, é necessário desenvolver modelos de radiação solar empíricos, baseados em medidas experimentais.

As grandezas relevantes mais simples e menos onerosas de medir são a irradiância global horizontal e as horas-de-sol (definido como o período em que a irradiância é maior que 120 W/m^2). A medida das componentes direta e difusa exige instrumentos mais sofisticados pelo que as redes de medida, a nível nacional ou regional, são muito menos abundantes e fiáveis. Assim sendo, estudam-se correlações entre as radiações difusa e global e outros parâmetros atmosféricos como a turbidez ou a quantidade de nuvens, de forma a conseguir fazer boas estimativas da radiação global sem recurso a equipamentos muito caros.

Os resultados são apresentados na Figura 2. Podemos estimar a radiação global (neste caso ao longo de um ano) para cada localização considerada. Conhecida a radiação, pode-se determinar a inclinação e orientações que otimizam a exposição solar e prever quanta eletricidade um sistema fotovoltaico produziria naquele sítio.

Esta figura mostra claramente que os países do sul da Europa apresentam condições privilegiadas para o aproveitamento da energia solar, com potenciais fotovoltaicos cerca de +30 % do existente em países como a Alemanha ou o Reino Unido, onde o mercado fotovoltaico está muito mais desenvolvido. Mas isso já é assunto de geopolítica e economia e não de radiação solar...

Dado que grande parte da energia, nomeadamente eletricidade, é consumida nas grandes cidades, será preferencialmente no meio urbano que os sistemas de conversão

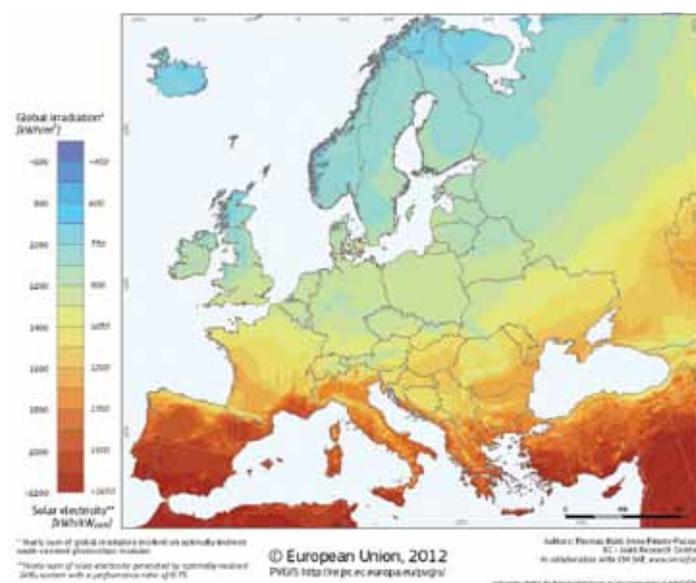


Fig. 2 - Potencial anual de radiação global² e respetivo potencial de eletricidade a gerar para a Europa. Fonte: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

² Radiação Global - Somatório anual de radiação global incidente em módulos fotovoltaicos orientados a sul com ângulo de inclinação ótimo; eletricidade Solar - Somatório anual de eletricidade gerada por um sistema em ângulo de inclinação ótimo de 1 kW_p e eficiência de 0,75.

de radiação solar em energia deverão localizar-se: a produção estará próxima do local de consumo. O ambiente construído, no entanto, nem sempre apresenta características propícias à instalação de painéis ou coletores solares. Enquanto que, em áreas não-urbanas, a disponibilidade de radiação solar está relacionada somente com as condições meteorológicas, nas cidades, fatores como área de telhados limitada e obstruções à incidência de radiação também limitam o potencial da energia solar. Assim sendo, as instalações solares em meio urbano devem ser planeadas e avaliadas com especial cuidado, existindo para esse fim diversas abordagens mais ou menos complexas.

Primeiro há que estimar a irradiância direta. Assim, uma vez que o movimento aparente do Sol no céu é bem conhecido, é possível saber qual a respetiva posição em qualquer momento do ano e determinar se, do ponto de vista de uma dada superfície, o Sol está ou não obstruído e, portanto, se esta recebe radiação direta ou se está sombreada. Caso não haja sombreamento, o valor da irradiância direta obtém-se recorrendo a dados medidos em estações meteorológicas ou em séries sintéticas de radiação para a área em questão (tipicamente relativas ao plano horizontal, pelo que é necessário transpor através de geometria simples o valor na horizontal para a inclinação e orientação pretendida) ou a modelos de cálculo baseados na transmissão e dispersão dos raios solares através da atmosfera terrestre.

Já o cálculo da componente difusa é mais complicado. Muitos dos métodos de cálculo empíricos dividem esta componente em duas: uma de fundo – proveniente de todo o céu visível após interação com a atmosfera – e uma circum-solar - proveniente da auréola solar, que se altera de acordo com o conteúdo de partículas atmosféricas (poluição, poeiras, nevoeiro). Por simplicidade, muitas metodologias ignoram a componente circumsolar e assumem que a radiação difusa de fundo é uniforme e isotrópica, introduzindo um “Fator de Céu Visível” para a quantificar.

O grande desafio de estimar a irradiância no meio urbano prende-se com a complexidade da topografia, incluindo edifícios, árvores e outros equipamentos urbanos. Toda a informação associada a estes elementos deve ser conhecida, nomeadamente o respetivo formato, posição e altura, o que se torna tanto mais complexo quando mais abrangente for a área a analisar. Sendo que se está a lidar com dados a três dimensões, torna-se essencial armazená-los, tratá-los e analisá-los recorrendo às capacidades dos computadores modernos, nomeadamente a *software* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ou de Desenho Assistido por Computador (CAD) e programas de cálculo numérico (Figura 3).

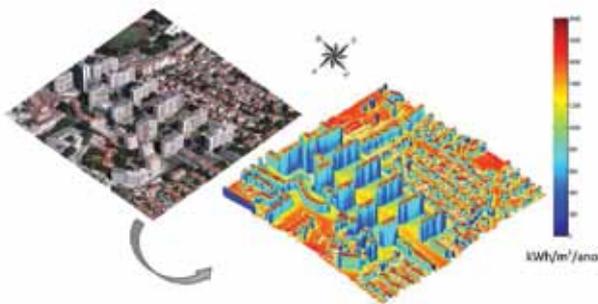


Fig. 3 - Exemplo de uma área de estudo em Alvalade, Lisboa (imagem da esquerda, retirada do *GoogleMaps*) e respetivo potencial solar calculado através de uma ferramenta desenvolvida por uma equipa do DEGGE- FCUL (à direita).

Mas como se pode obter informação 3D ao nível de um bairro, ou mesmo uma cidade? Existem vários métodos, uns mais simples para quando o estudo não requer muito detalhe e outros mais exigentes. No primeiro caso, são de realçar os mapas com a pegada dos edifícios, que se podem elevar à altura destes e assim representar o edificado com base em polígonos. Por outro lado, é também possível executar o desenho de raiz incluindo pormenores além de superfícies lisas. No entanto, hoje em dia, começa a ser comum o uso de dados provenientes de levantamentos LiDAR (*Light Detection And Ranging*). Estes levantamentos consistem no envio e receção de feixes laser a partir de um avião, cujo intervalo de tempo permite inferir acerca da localização em longitude, latitude e altura de um determinado ponto do tecido urbano. Após o devido tratamento, obtém-se um Modelo Digital da Elevação (MDE) pronto a entrar como representação do ambiente físico numa simulação computacional.

Como se pode imaginar, quanto maior for a resolução espacial dos dados e o intervalo de tempo que no qual se quer determinar a irradiância, maior será o poder computacional solicitado, pelo que um dos grandes desafios que se colocam atualmente está relacionado com o desenvolvimento de algoritmos que funcionem em computação paralela, que sejam simplificados sem comprometer a qualidade dos resultados e que possibilitem a consulta e interação pelo público em geral, de maneira a disseminar a importância da radiação solar nas nossas vidas.



Clárisse Magarreiro é mestre em Engenharia da Energia e Ambiente pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (2011). Em 2012, iniciou o doutoramento em Sistemas Sustentáveis de Energia na mesma Universidade. Analisa nesse âmbito a aplicabilidade de modelos regionais de previsão numérica de tempo a estudos de recurso de energia solar em locais com características meteorológicas distintas.



Sara Freitas é estudante de doutoramento na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, no âmbito do programa MIT Portugal em Sistemas Sustentáveis de Energia. Obteve na mesma instituição o mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente. A sua investigação concentra-se na avaliação do potencial solar fotovoltaico em ambiente urbano e na otimização destes sistemas de energia. Encontra-se igualmente envolvida em atividades de divulgação e na orientação científica de alunos de DEGGE.



Miguel Centeno Brito é professor na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa no Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, e coordenador do Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente. Licenciado em Engenharia Física Tecnológica no Instituto Superior Técnico, e doutorado na Universidade de Oxford, Reino Unido, é investigador no Instituto Dom Luiz. As suas principais áreas de interesse são análise do recurso e previsão solar, em particular em meio urbano, eletrificação solar remota e sistemas de energia. É também responsável pelo Campus Solar – Ensaios de Sistemas Solares, no campus da faculdade.