

UTILIZAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NA REGA DO OLIVAL SUPER-INTENSIVO (*Olea europaea*). METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO.

B. Borges Vacas¹, O. Patrício¹, J. Rolim^{1,2}

¹ Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal, borgesvacas@hotmail.com, opatricio@isa.ulisboa.pt

² LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associated Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal, joaorolim@isa.ulisboa.pt

Resumo

A energia consumida na rega consiste num importante custo das culturas agrícolas, assim como numa fonte de emissões de gases com efeito de estufa, sendo necessário promover a utilização de energias renováveis, como a fotovoltaica, que permitam baixar a pegada carbónica da rega e assegurar uma maior estabilidade dos custos com a energia. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia de dimensionamento de um sistema de rega alimentado exclusivamente a energia fotovoltaica, para um olival super-intensivo na região de Beja. O método de dimensionamento proposto baseia-se na utilização de energia fotovoltaica, de forma independente da rede, sem baterias nem reservatórios elevados de água, recorrendo a setores de rega assimétricos definidos de acordo com a disponibilidade de radiação solar ao longo do dia, como forma de reduzir os custos de investimento deste tipo de sistemas. Esta metodologia permite calcular a área de painéis necessária e dimensionar o sistema de rega de acordo com os dados de potência e energia fotovoltaica fornecidos pelo software PVGIS, e as necessidades de rega calculadas pelo modelo ISAREG. Considerou-se um período de estudo de 12 anos (2005-2016), e uma parcela de cerca de 15 hectares. Tendo em conta a área de painéis calculada e posteriormente ajustada, dividiu-se a parcela em estudo em quatro setores assimétricos, de forma a ajustar a área a regar à produção de energia ao longo do dia e respetivos caudais bombeados. Procedeu-se à validação do sistema, através da simulação do seu funcionamento, comparando as necessidades energéticas para a rega dos setores assimétricos com a energia produzida pelo sistema de painéis fotovoltaicos. Como o tempo de rega do sistema proposto diminui em relação ao dimensionamento clássico, a potência da bomba necessária irá aumentar (e os seus custos também), bem como o caudal de projeto do sistema de rega. Concluiu-se que este sistema é exequível, sendo muito interessante a independência deste sistema da rede elétrica, chamando-se, no entanto, a atenção de que é necessário redimensionar os sistemas de rega em função de um caudal variável ao longo do dia. Verificou-se que o sistema dimensionado não conseguiu suprir a totalidade das necessidades de rega em 14 dias durante o período de estudo (12 anos), resultando numa taxa de falhas de 3,24%.

Palavras-Chave: painel fotovoltaico, rega localizada, modelação, olival super-intensivo, dimensionamento hidráulico.

Introdução

O olival é uma cultura tradicionalmente de sequeiro, mas, com o objetivo de aumentar a sua produtividade, o regadio tem sido cada vez mais utilizado. Assim, os custos com a cultura irão também aumentar, nomeadamente os custos energéticos, sendo essencial promover a eficiência energética e, por conseguinte, a sustentabilidade energética (Mériada García *et al.*, 2018). Para tal, começa-se a investir cada vez mais nas energias renováveis, particularmente, a energia fotovoltaica.

O objetivo deste estudo consiste no desenvolvimento de uma metodologia para o dimensionamento de um sistema de rega de um olival super-intensivo, com setores assimétricos (Shahidian *et al.*, 2014), alimentada exclusivamente a energia fotovoltaica. A utilização de energia fotovoltaica, cuja produção pode ser bastante variável ao longo do dia em função da presença de nuvens, adequa-se de forma muito interessante a culturas bem adaptadas à utilização de rega deficitária, como é o caso do olival.

Material e Métodos

A metodologia desenvolvida compreende as seguintes etapas:

1. Cálculo das necessidades de rega (incluindo o caudal de ponta) do olival em estudo, com recurso ao modelo de balanço hídrico do solo ISAREG;
2. Dimensionamento da área de painéis a instalar e cálculo da produção de energia fotovoltaica, utilizando o *software* PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*);
3. Dimensionamento de sistemas de rega com setores assimétricos, recorrendo aos dados fornecidos pelo ISAREG e pelo PVGIS para o período de estudo;
4. Análise comparativa da energia fotovoltaica produzida pelo sistema projetado com as necessidades energéticas da rega;
5. Comparação do sistema de rega fotovoltaico com rega direta (setores assimétricos) com um sistema de rega clássico.

O estudo foi realizado na região do Alentejo, *Beja*, num olival super-intensivo.

Resultados e Discussão

Necessidades de rega e caudais de ponta

Considerando a frequência relativa a cada ano, podemos observar que, com a probabilidade de não excedência de 80%, as necessidades de rega da cultura, no período de ponta serão de 1,98 mm/dia (Quadro 1). Assim, este será o valor utilizado no dimensionamento hidráulico do sistema de rega.

No 2 podemos observar as necessidades de rega mensais da parcela e verificar que o valor mais elevado é relativo ao mês de julho (período de ponta).

Quadro 1 - Análise frequencial dos caudais de ponta.

Frequência (%)	Necessidades ponta (mm/dia)	Ano
76,9	1,98	2008
84,6	1,98	2013

Quadro 2 - Necessidades de rega mensais da parcela em estudo.

Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Necessidades mensais parcela (mm)	0	1,6	6,2	7,3	22,9	43,6	58,5	51,0	31,8	11,3	0	0

Dimensionamento da área de painéis

Analisando os dados relativos à radiação solar, produzidos pelo PVGIS, em comparação com os dados observados na Estação Meteorológica da Quinta da Saúde, durante o período de estudo, verifica-se um elevado grau de concordância. Tal pode ser confirmado pelo coeficiente de determinação entre as duas variáveis de $R^2 = 0,9991$ (Figura 1).

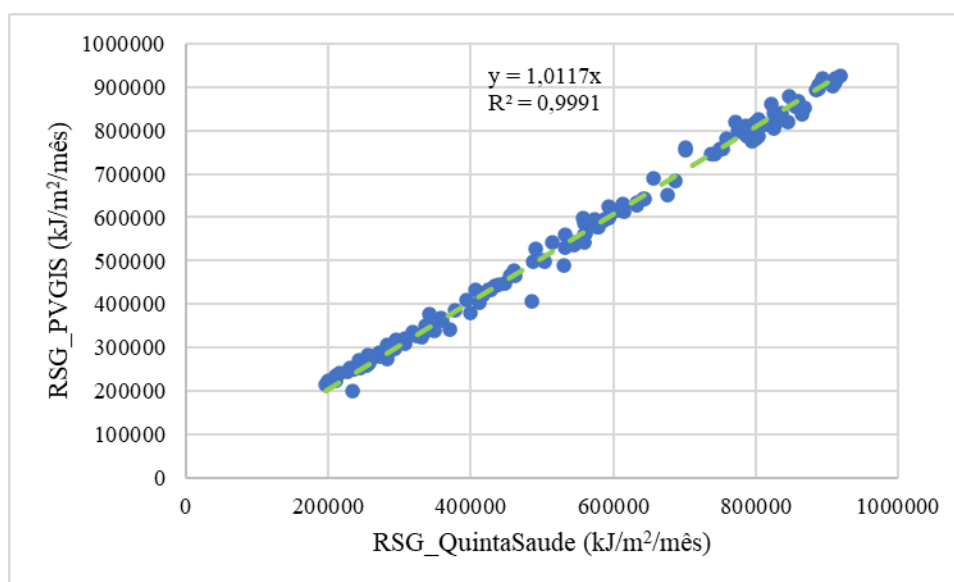


Figura 1 - Comparação dos dados de radiação obtidos pelo PVGIS com os dados observados na estação meteorológica da Quinta da Saúde (fonte: COTR, 2020).

Número de painéis necessários e energia produzida pelo sistema fotovoltaico

Relacionando a produção de energia de um painel com as necessidades de energia de rega, calculou-se o número de painéis necessário em cada mês para proceder à rega da parcela do local de estudo. Desta forma, dimensionou-se o sistema considerando o número de painéis necessários para o período de ponta (mês de julho), isto é, 27 painéis (Quadro 3). Tendo em conta que os painéis considerados têm uma área de $1,63 \text{ m}^2$, a área total de painéis será de $44,01 \text{ m}^2$. Porém, estes painéis apresentam uma perda de potência de 20% ao longo de 30 anos, o que torna necessário majorar o número de painéis, resultando na instalação de um total de 33 painéis ($53,79 \text{ m}^2$).

Quadro 3 - Determinação do número de painéis necessários (médias mensais no período em estudo).

Mês	Necessidades mensais reais (mm)	Rega mensal na parcela (m ³)	Rega horária na parcela (m ³ /h)	Potência mínima bomba (kW)	Energia necessária por mês (kWh)	Energia produzida por painel (kWh)	Número de painéis
1	0	0	0,00	0,00	0,00	27,69	0
2	1,58	237,00	1,49	0,20	32,21	29,61	2
3	6,16	925,05	4,44	0,60	125,74	36,57	4
4	7,28	1093,24	4,56	0,62	148,60	37,29	4
5	22,87	3432,61	13,84	1,88	466,60	41,2	12
6	43,64	6551,77	27,30	3,71	890,59	41,05	22
7	58,46	8776,46	35,39	4,81	1192,99	45,45	27
8	50,98	7652,65	30,86	4,19	1040,23	44,37	24
9	31,83	4778,13	19,91	2,71	586,14	38,55	16
10	11,31	1697,19	9,15	1,24	230,70	33,52	7
11	0	0	0,00	0,00	0,00	27,55	0
12	0	0	0,00	0,00	0,00	26,26	0

Setores assimétricos

Considerando que, durante o mês de julho, se rega durante oito horas por dia, dividiu-se o dia em quatro intervalos de duas horas (entre as 9h e as 17h). Desta forma, tendo em conta o número de painéis calculado, a potência média horária produzida pelo sistema fotovoltaico (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**), o rendimento médio do grupo eletrobomba e a altura manométrica calculada para o sistema clássico, determinou-se o número de rampas a regar em cada intervalo (Quadro 4).

Foi, ainda, necessário ajustar o número de rampas obtido para cada intervalo, tendo em conta as 288 rampas existentes na parcela e também as alturas manométricas relativas à rega de cada setor, resultando em dois setores de 60 rampas e dois setores de 84 rampas. Os setores a regar em primeiro e último lugar são os de menor dimensão, pois a disponibilidade de radiação é menor. Os setores de grande dimensão serão regados entre as 11h e as 15h. Assim, torna-se possível regar toda a parcela num dia.

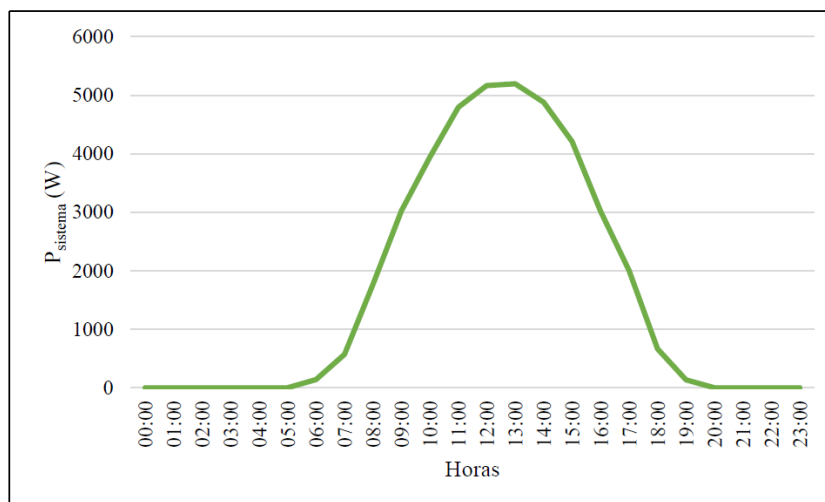


Figura 2 – Potência máxima produzida pelo sistema de 27 painéis ao longo do dia 15 de julho.

Quadro 4 - Horário de rega da parcela.

Horário	P _{27 painéis} (W)	Q _{médio} (m ³ /h)	Nº rampas (local)
9:00-11:00	6969,49	50,75	60
11:00-13:00	9961,74	66,38	84
13:00-15:00	10077,14	67,15	84
15:00-17:00	7225,29	52,61	60

Importa referir que se considerou ter duas horas disponíveis para regar cada setor, contudo, apenas são necessárias 1,77 horas. Existindo, assim mais uma margem de segurança.

Sistemas de rega a instalar

Tendo em conta as necessidades de rega, a o número de horas disponíveis para regar e a energia necessária para a rega, dimensionou-se o sistema de rega fotovoltaico, com as características presentes no Quadro 5. Neste quadro, podemos também observar as características do sistema de rega dimensionado de forma clássica, e comparar os dois sistemas.

Conseguimos perceber, logo à partida, que no dimensionamento fotovoltaico, o tempo de rega é consideravelmente inferior em relação ao sistema clássico, sendo por isso necessárias bombas com maior potência. Para além disso, o número de setores do sistema clássico é o dobro do fotovoltaico.

Quadro 5 - Características dos sistemas de rega fotovoltaico e clássico.

	Sistema Fotovoltaico										Sistema Clássico			
	Setores Grandes					Setores Pequenos								
Tempo disponível rega (h)	4					4					22			
Tempo rega 1 setor (h)	1,77					1,77					2,69			
Caudal gotejadores (L/h)	3,5					3,5					2,3			
Diâmetro rampas (mm)	17,5					17,5					14,2			
Comprimentos rampa (m)	135					135					135			
Diâmetro porta rampas (mm)	96,8	66	44	28	21	79,2	55,4	35,2	21	44	28	17	44	
Comprimento troços (m)	153,8	90	37,5	15	15	116,3	60	30	15	86,3	30	15	86,3	
Diâmetro conduta principal (mm)	150,6					150,6					97,8			
Comprimento conduta principal (m)	666,4					396,4					688,9			
Número setores	2					2					8			
Potência da bomba necessária	7,5 kW					5,5 kW					4 kW			
Altura manométrica (m)	34,69					31,75					34,91			
Área (m ²)	43785					31275					18765			
Número rampas/setor	84					60					36			

Comparação da energia fotovoltaica produzida com as necessidades energéticas da rega

Comparando a energia produzida pelo sistema fotovoltaico (27 painéis: 44,01 m²) e a energia necessária para regar a parcela durante o período de estudo, obteve-se um total de 14 falhas. Assim, nos 432 decêndios que constituem o período de estudo, em 14 (3,24%) destes não foi possível suprir totalmente as necessidades de rega da cultura utilizando o sistema fotovoltaico (Figura 2).

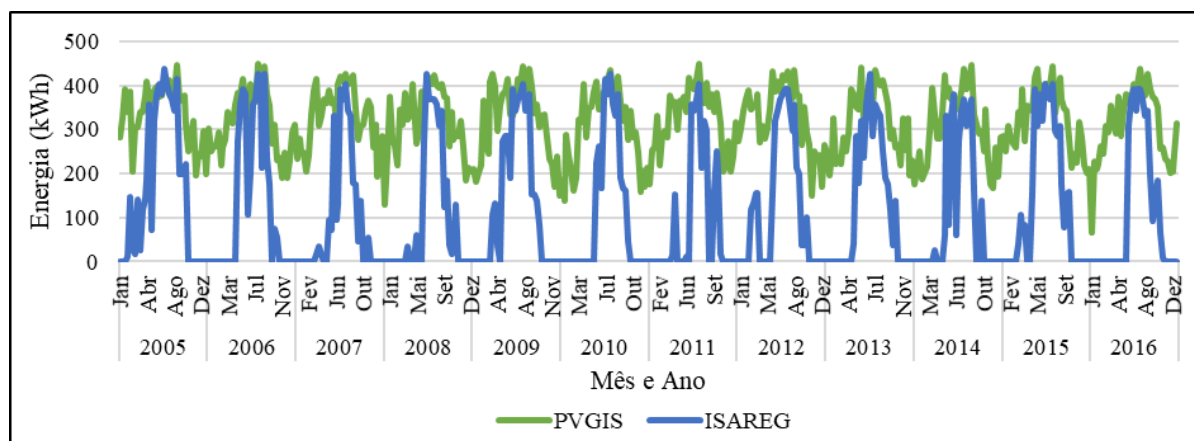


Figura 2 - Comparação da energia produzida pelo sistema fotovoltaico de 27 painéis com as necessidades energéticas para rega.

Numa análise mais pormenorizada, verificou-se que os decêndios nos quais as necessidades de rega da cultura não foram supridas na sua totalidade, ocorreram nos meses de maio, junho, julho e agosto. Nestes meses de verão, a oliveira apresenta menor sensibilidade ao stress hídrico, devido à dormência estival, sendo uma espécie bem adaptada ao clima mediterrânico, portanto, a ocorrência destas falhas não é preocupante.

Conclusões

Neste trabalho desenvolveu-se uma metodologia de dimensionamento de sistemas de rega gota-a-gota, alimentados exclusivamente por energia fotovoltaica, baseados em setores assimétricos, utilizando o solo para armazenamento de energia, regando-se quando exista radiação solar disponível. Desta forma, não são necessárias baterias (investimento caro e de duração limitada) nem reservatórios elevados de água, eliminando-se, assim, o maior constrangimento à adoção desta tecnologia (o elevado custo do armazenamento da energia). Este tipo de sistema de rega é particularmente interessante e adequado para o olival, já que é uma cultura com ajustamento estomático, sendo possível compensar a falta de rega de um dia, por falta de radiação solar suficiente, no dia seguinte.

Também, no que toca à redução da pegada de CO₂ na rega dos pomares e culturas permanentes, em que a rega é uma das principais fontes de emissões, este sistema torna-se interessante, já que se deixa de alimentar as bombas com energia proveniente de combustíveis fósseis.

Como já se referiu, pretende-se que este sistema seja independente da rede elétrica, regando-se apenas quando há sol, portanto, há necessidade de bombas com maior potência e dimensão, tubagens de maior diâmetro, em comparação com sistemas clássicos, aplicando-se, também, caudais maiores. É, ainda, necessário ter em consideração a possível ocorrência de avarias no sistema que poderão levar à diminuição da produção de energia e, portanto, a falhas na rega, sendo necessário a majoração (coeficiente de segurança) da área dos painéis para fazer face a imprevistos.

A organização da parcela em setores assimétricos é um conceito fundamental na rega com recurso a energia fotovoltaica sem armazenamento de energia, permitindo ajustar a área regada à disponibilidade de energia fotovoltaica ao longo do dia.

No futuro será interessante analisar do ponto de vista económico os custos associados à implementação deste sistema, bem como a eventual necessidade de um gerador backup a diesel. Adicionalmente, seria interessante testar a aplicação deste tipo de sistema numa área experimental, de forma a determinar as correções necessárias, já que o sistema desenvolvido é teórico, carecendo da necessária validação através da sua implementação e utilização no campo.

Referências bibliográficas

- Mérida García, A., Fernandez-García, I., Camacho Poyato, E., Montesinos Barrios, P. e Rodríguez Díaz, J. A. (2018) «Coupling irrigation scheduling with solar energy production in a smart irrigation management system», *Journal of Cleaner Production*, 175, pp. 670–682.
- Shahidian, S., Serralheiro, R., Serrano, J. e Sousa, A. (2014) «Rega Com Energia Solar: Questões Relacionadas Com O Dimensionamento», pp. 1–5.