

AgroSOL

AGROVOLTÁICO EM PORTUGAL

AgroSOL



Índice

LISTA DE TABELAS / FIGURAS	5
LISTA DE SIGLAS	6
1. INTRODUÇÃO	7
ENQUADRAMENTO DO AGROVOLTAICO	11
O que é o agrovoltaico	
Objetivos e benefícios	
Agrovoltaico vs fotovoltaico convencional	
Contexto europeu	
Contexto nacional	
2. AGROVOLTAICO EM SISTEMAS AGRÍCOLAS	16
FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	16
CLIMA E RECURSO SOLAR EM PORTUGAL	19
CARACTERÍSTICAS DE CONCEÇÃO DOS SISTEMAS	21
Conceção agronómica	
Conceção energética	
METODOLOGIAS DE APLICAÇÃO DE AGROVOLTAICO	24
Sistemas abertos	
Sistemas fechados	
Sombreamento dinâmico	
MONITORIZAÇÃO DE UM SISTEMA AGROVOLTAICO	29
3. AGROVOLTAICO EM SISTEMAS PECUÁRIOS	31
PORQUE É QUE A PECUÁRIA É COMPATÍVEL COM O AGROVOLTAICO	31
BENEFÍCIOS PARA OS ANIMAIS E PARA A PASTAGEM	32
Bem-estar animal e redução do stress térmico	
Produtividade e qualidade das pastagens	
TIPOS DE SISTEMAS ADEQUADOS À PECUÁRIA	33
DESAFIOS ESPECÍFICOS	34

4. LICENCIAMENTO	36
O PROCESSO REGULAMENTAR	36
RESTRIÇÕES AO USO DO SOLO	37
Reserva Agrícola Nacional (RAN)	
Reserva Ecológica Nacional (REN) e Rede Natura 2000	
Planos Diretores Municipais e licença de construção	
O PROCESSO DE LICENCIAMENTO ENERGÉTICO	39
O papel da E-REDES	
AUTOCONSUMO VS. INJEÇÃO NA REDE	40
PERSPETIVAS FUTURAS	41
5. FINANCIAMENTOS	43
FUNDO AMBIENTAL	43
PEPAC PORTUGAL (POLÍTICA AGRÍCOLA COMUM 2023-2030)	43
PLANO DE RECUPERAÇÃO E RESILIÊNCIA (PRR)	44
INCENTIVOS FISCAIS	44
6. INVESTIGAÇÃO E COOPERAÇÃO	45
PROGRAMAS EUROPEUS	45
PROJETO AGROSOL	46
Objetivos	
Parceiros e pilotos	
Calendário e produtos	
PROJETOS EM PORTUGAL	47
PROJETOS DE REFERÊNCIA NO ESPAÇO SUDOE	48
7. CONCLUSÕES	49
8. REFERÊNCIAS	50



Tabelas

- 22** **Tabela 1**
Compatibilidade entre diferentes culturas
- 39** **Tabela 2**
Resumo do procedimento de licenciamento de sistemas fotovoltaicos

Figuras

- 19** **Figura 1** Irradiação solar horizontal na Europa (Global Solar Atlas)
- 24** **Figura 2** Classificação dos sistemas agrovoltaicos. Adaptado de (Santos, 2025) ⁸.
- 25** **Figura 3** Configuração interespacial. Fonte: Soltec
- 25** **Figura 4** Configuração aérea. Fonte: O Instalador
- 26** **Figura 5** Sistemas em cerca. Fonte: enel
- 27** **Figura 6** Configuração em estufa. Fonte: solarinnova
- 28** **Figura 7** Configuração em infraestrutura de suporte. Fonte: Farm Solar System

Siglas



Sigla	Descrição
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CER	Comunidade(s) de Energia Renovável
DGADR	Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
LER	Land Equivalent Ratio
PDM	Planos Diretores Municipais
PEPAC	Plano Estratégico da Política Agrícola Comum
PNEC	Plano Nacional de Energia e Clima
RAN	Reserva Agrícola Nacional
RED III	Diretiva das Energias Renováveis (<i>Renewable Energy Directive</i>)
REN	Reserva Ecológica Nacional
SIC	Sítios de Importância Comunitária
UPAC	Unidade de Produção para Autoconsumo
ZPE	Zonas de Proteção Especial

Introdução

A agricultura portuguesa enfrenta hoje uma **conjugação de desafios sem precedentes**, desde as alterações climáticas que tornam os verões mais quentes e as secas mais frequentes, custos de produção elevados, rendimentos agrícolas cada vez mais imprevisíveis e um setor energético em rápida transformação.

Neste contexto, o agrovoltaico, a combinação de produção agrícola e produção de energia elétrica a partir de tecnologias de aproveitamento do recurso solar na mesma parcela de terreno, surge como uma **opção promissora para responder a vários destes desafios**.

Portugal reúne **condições excecionais para o desenvolvimento desta tecnologia** tendo um dos maiores índices de irradiação da Europa, um setor agrícola com necessidades energéticas significativas e um quadro político nacional que reconhece o agrovoltaico como **instrumento de transição energética**, através do Plano Nacional de Energia e Clima¹.



O agrovoltaico surge como uma opção promissora para responder a vários desafios.

O interesse por esta solução está a crescer, mas a informação disponível em português, acessível a agricultores e ao público geral, é ainda escassa, lacuna que esta publicação visa colmatar.

O AgroSOL – Agrovoltaico em Portugal foi elaborado pela ADENE, Agência para a Energia, no âmbito da sua participação no projeto AgroSOL (S2/2.4/F0226), projeto europeu

cofinanciado pelo programa Interreg SUDOE que reúne dez entidades de Portugal, Espanha e França em torno do objetivo comum de **desenvolver modelos sustentáveis de agrovoltaico adaptados às pequenas e médias explorações agrícolas da região SUDOE**.

A ADENE é parceira do projeto desde a sua fase de candidatura



e está diretamente envolvida no piloto português, desenvolvido em colaboração com a Universidade de Évora na Herdade da Mitra, no Alentejo, razão pela qual o projeto AgroSOL é referenciado ao longo de todo o documento, e os dados, exemplos e análises apresentados baseiam-se em grande medida no trabalho técnico produzido pelo consórcio do projeto, nomeadamente no diagnóstico do estado da arte das explorações agrovoltaicas na União Europeia, elaborado em 2025.



Esta publicação destina-se a agricultores, técnicos agrícolas, estudantes e público em geral que queiram **compreender o que é o agrovoltaico, como funciona, quais as suas potencialidades e limitações**, e em que contexto se aplica.

Não pressupõe conhecimentos prévios em energia solar ou em agronomia.

A linguagem é acessível e os conceitos técnicos são sempre explicados de forma **simples**.



O AgroSOL – Agrovoltaico em Portugal não pretende ser um manual técnico de implementação, mas sim uma introdução ao tema.

Não são referidas orientações detalhadas para dimensionar um sistema, escolher equipamentos ou calcular a rentabilidade de um projeto específico. Esse nível de detalhe requer dados que só estarão disponíveis **após a conclusão dos projetos-piloto do AgroSOL**, atualmente em fase de instalação e monitorização.

Um manual técnico com orientações práticas de implementação, baseado nos resultados experimentais dos cinco pilotos do projeto em Portugal, Espanha e França, será publicado em **2028**, também no âmbito do projeto AgroSOL. Esta publicação deve ser lida como o primeiro passo de um percurso que esse manual completará.

COMO ESTÁ ORGANIZADA



Capítulo 1

Enquadramento do conceito de agrovoltaiço: o que é, quais os seus objetivos e benefícios, em que se distingue do fotovoltaico convencional e qual o contexto regulamentar e político em Portugal e na Europa.



Capítulo 2

Funcionamento dos sistemas em contexto agrícola, cobrindo os princípios básicos da produção fotovoltaica, o recurso solar em Portugal, as características de conceção dos sistemas, as principais tipologias e a monitorização.



Capítulo 3

Agrovoltaiço em sistemas pecuários.



Capítulo 4

Licenciamento em Portugal.



Capítulo 5

Principais mecanismos de financiamento disponíveis.



Capítulo 6

Projetos de referência, incluindo o projeto AgroSOL e outros exemplos relevantes em Portugal e no espaço SUDOE.



Capítulo 7

Conclusões desta publicação.

1 Enquadramento do agrovoltaico

O QUE É O AGROVOLTAICO

O agrovoltaico é a **combinação, na mesma parcela de terreno, da produção agrícola e da produção de eletricidade a partir de tecnologia solar fotovoltaica**. O princípio fundamental é simples: os painéis solares são instalados de forma a que a atividade agrícola possa continuar a ser exercida por baixo ou entre eles, sem que a produção de alimentos seja comprometida.

Este conceito não é novo, os primeiros ensaios experimentais datam da década de 1980, mas ganhou expressão prática nas últimas décadas, à medida que os custos dos sistemas fotovoltaicos desceram e a pressão sobre os recursos naturais, designadamente a água e o solo, se intensificou.

Hoje, existem instalações agrovoltaicas em funcionamento em toda a Europa, nos Estados Unidos, no Japão e em vários países asiáticos, abrangendo culturas diversas, desde vinhas e oliveiras, a hortícolas, cereais e pastagens.

É, contudo, importante distinguir o agrovoltaico genuíno de projetos que utilizam o termo de forma imprecisa. Uma central fotovoltaica de grande escala instalada em terreno agrícola, onde a produção de

alimentos é marginal ou inexistente, não é considerada um projeto agrovoltaico, mas um projeto fotovoltaico convencional instalado em solo agrícola. O critério essencial é que **a atividade agrícola seja a função principal da parcela** e que a instalação fotovoltaica contribua para a manutenção ou melhoria dessa atividade, e não o contrário.

A definição mais completa e juridicamente vinculativa adotada até à data na Europa foi estabelecida em França, pela Lei APER (Lei de Aceleração da Produção de Energias Renováveis), publicada em março de 2023, no artigo L.314-36 do Código da Energia. Segundo este diploma, uma instalação agrovoltaica é aquela cujos módulos estão localizados numa parcela agrícola e que contribui, de

forma sustentável, para a instalação, manutenção ou desenvolvimento da produção agrícola, prestando pelo menos um dos seguintes serviços:

melhoria do potencial agronómico, adaptação às alterações climáticas, proteção contra riscos, ou melhoria do bem-estar animal.

A lei especifica ainda que não pode ser considerada agrovoltaica qualquer instalação que não permita que a produção agrícola seja a atividade principal da parcela, ou que não seja reversível ².

OBJETIVOS E BENEFÍCIOS

Os projetos agrovoltaicos podem servir múltiplos objetivos em simultâneo. Para o agricultor, os **benefícios mais diretos** são:

Proteção das culturas face a fenómenos climáticos extremos

Os módulos fotovoltaicos podem funcionar como uma proteção parcial contra o granizo, a geada, as ondas de calor e a radiação excessiva. Em culturas sensíveis, como frutos vermelhos, hortícolas e certas variedades de vinha, o sombreamento controlado pode **reduzir perdas provocadas por queimaduras solares e stress térmico**.

Melhoria do microclima e da eficiência hídrica

A presença dos painéis **reduz a evapotranspiração das culturas e do solo**, o que pode diminuir as necessidades de rega em até 30%, segundo resultados de ensaios experimentais em culturas hortícolas protegidas². Também se verificam **melhorias da humidade do solo e redução das temperaturas extremas** durante os meses quentes, com benefícios para o crescimento das plantas.

Resiliência económica da exploração

A produção de energia acrescenta uma fonte de receita ou de poupança que é, em grande medida, independente das flutuações dos mercados agrícolas. Esta diversificação pode ser particularmente relevante para pequenas explorações familiares, cujas margens são frequentemente estreitas. Para além dos benefícios diretos ao agricultor, o agrovoltaico contribui também para objetivos mais amplos. Permite **aumentar a produção de energia renovável sem consumir novo solo**, uma vantagem significativa num contexto em que a disponibilidade de terrenos para instalações fotovoltaicas em grande escala é crescentemente disputada. O Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia estima que equipar apenas 1% das terras agrícolas da União Europeia com sistemas agrovoltaicos permitiria instalar cerca de 944 GW de capacidade solar, um valor superior à meta solar europeia para 2030². Contribui ainda para a **descarbonização das práticas agrícolas e para a fixação de população em zonas rurais**, ao tornar as explorações economicamente mais sustentáveis.

Redução da fatura energética

A maior parte das explorações agrícolas tem consumos elétricos significativos durante o dia, por exemplo, bombas de rega, sistemas de frio, câmaras de conservação, motores de transformação. A produção fotovoltaica no local permite satisfazer diretamente estes consumos, substituindo energia comprada à rede por energia produzida localmente. Este mecanismo, designado autoconsumo, é hoje a lógica económica dominante dos projetos agrovoltaicos de pequena e média dimensão, uma vez que os preços de mercado da eletricidade durante as horas de sol têm vindo a descer, tornando a venda de energia à rede progressivamente menos atrativa.

AGROVOLTAICO VS FOTOVOLTAICO CONVENCIONAL

A diferença fundamental entre um sistema agrovoltaico e uma central fotovoltaica convencional não é apenas técnica, mas também de propósito. Numa central fotovoltaica convencional, o objetivo é maximizar a produção de eletricidade. Num sistema agrovoltaico, a **produção de eletricidade é concebida para ser compatível com a produção agrícola**, o que implica concessões em termos de rendimento energético em favor da função agrícola.

Concretamente, os sistemas agrovoltaicos diferem dos convencionais em **três aspetos principais** ³:

Configuração das estruturas de suporte dos módulos fotovoltaicos

Os painéis são instalados em altura, tipicamente **entre 4 e 6 metros**, e com maior espaçamento entre fileiras, para permitir a circulação da maquinaria agrícola e garantir que chega luz suficiente às culturas. Isto resulta numa menor densidade de painéis por hectare e, conseqüentemente, numa menor potência instalada por unidade de área.

Modulação da orientação

Em sistemas dinâmicos (com seguimento solar), os painéis podem girar para modular o nível de sombreamento de acordo com as necessidades da cultura em cada fase do seu desenvolvimento, um processo chamado **sombreamento dinâmico**. Esta capacidade de regular a sombra é uma característica diferenciadora dos sistemas mais avançados, mas **implica uma redução da produção elétrica face a um tracker** (seguidor solar) convencional otimizado apenas para a energia.

Tecnologia dos módulos

Alguns sistemas utilizam painéis semitransparentes ou com espaçamento entre células, que deixam **passar uma fração da radiação solar**, aumentando a luz disponível para as culturas. Estes módulos têm, em geral, menor produção energética do que os módulos opacos convencionais e são geralmente mais caros visto que não são produzidos em massa.

O resultado prático destas diferenças é que os sistemas agrovoltaicos produzem, em média, **menos eletricidade por hectare do que uma central convencional equivalente**. Contudo, quando corretamente dimensionados, os estudos disponíveis indicam que os **sistemas agrovoltaicos atingem rendimentos elétricos próximos dos sistemas terrestres de configuração comparável**, sendo a diferença principalmente devida às concessões agronómicas².

O importante é retermos que deve existir um equilíbrio consciente: aceita-se uma menor otimização energética em troca de manter a produção agrícola como atividade principal.

CONTEXTO EUROPEU

A Diretiva das Energias Renováveis (RED III) estabelece uma meta vinculativa global de, pelo menos, 42,5% de energias renováveis no portfolio energético da União Europeia até 2030, com vista a um **objetivo mais ambicioso de 45%**.



Pese embora esta ambição, à escala europeia, o agrovoltaico não dispõe ainda de uma definição nem de uma norma harmonizada. Na RED III, o enquadramento mais relevante para o agrovoltaico resulta das disposições sobre simplificação administrativa, **zonas de aceleração das renováveis e ponderação do interesse público superior**, não estabelecendo quaisquer artigos ou normas específicas sobre agrovoltaico.

Os quadros regulamentares atuais mais completos são os da **Alemanha, Itália e França**, que **combinam definições legais, critérios técnicos mensuráveis, procedimentos de autorização específicos e mecanismos de controlo em fase de exploração**, enquanto Espanha avança principalmente através de programas de incentivo à inovação e iniciativas regionais, sem norma nacional dedicada.

O interesse pelo agrovoltaico tem crescido em toda a Europa. Em 2024, a SolarPower Europe⁴, associação europeia para o setor solar fotovoltaico, estimou que a capacidade agrovoltaica instalada na União Europeia ultrapassou os 10 GW, com perspetivas de crescimento acelerado nos próximos anos. Este dinamismo reflete tanto a **maturidade tecnológica crescente dos sistemas** como a **necessidade de conciliar os objetivos climáticos com a proteção do solo agrícola**.

CONTEXTO NACIONAL

Portugal dispõe de condições excecionais para o desenvolvimento do agrovoltaiço beneficiando de um dos **maiores índices de irradiação da Europa**, entre 1 600 e 2 200 kWh/m²/ano, o que torna a energia elétrica produzida a partir de tecnologia solar fotovoltaica uma das mais competitivas a nível nacional ².

Em 2024, Portugal instalou 1,77 GW de nova capacidade solar fotovoltaica, um recorde histórico, elevando a capacidade total para 5,66 GW ⁵, com uma meta ambiciosa de 20,8 GW em 2030, estabelecida no Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC 2030)¹.

O setor agrícola português atravessa simultaneamente uma fase de profunda fragilidade estrutural: **envelhecimento dos agricultores, com uma idade média superior a 60 anos, estreitamento das margens, vulnerabilidade crescente a fenómenos climáticos extremos e diminuição do número de explorações familiares**. Neste contexto, o agrovoltaiço representa uma oportunidade de diversificação de rendimentos e de reforço da resiliência das explorações ².

Em termos legislativos, **Portugal dispõe de uma definição legal de sistema agrovoltaiço** nos termos do Decreto-Lei n.º 15/2022, de 14 de janeiro, que estabelece a organização e o funcionamento do Sistema Elétrico Nacional, na redação introduzida pelo Decreto-Lei n.º 130/2026, de 29 de junho. O Decreto-Lei n.º 15/2022 foi previamente revisto pelo Decreto-Lei n.º

99/2024, de 3 de dezembro, que alterou o quadro regulatório aplicável às energias renováveis para, entre outros efeitos, **a transposição parcial da Diretiva das Energias Renováveis da União Europeia (RED III)**, através do qual foram introduzidas disposições para o reforço dos objetivos de expansão das energias renováveis e para a simplificação dos procedimentos de licenciamento, criando-se, assim, **condições mais favoráveis para projetos de pequena e média dimensão em contexto agrícola**, incluindo a implementação de projetos de energias renováveis em zonas da Reserva Agrícola Nacional (RAN), sob determinadas condições específicas ².

O atual quadro legislativo reforça, assim, este enquadramento, ao reconhecer formalmente os sistemas agrovoltaiços como categoria distinta, com implicações diretas para a sua compatibilidade com a RAN, descritas no capítulo sobre licenciamento ⁶.

O PNEC 2030 inclui uma medida específica para o agrovoltaiço (medida 3.2.9), que prevê a **elaboração de orientações e guias técnicos para facilitar a adoção desta solução em Portugal**. É precisamente neste quadro que se insere o projeto AgroSOL e a presente publicação.

Em termos de financiamento, o Fundo Ambiental⁷ lançou, em 2025, uma **linha de apoio dedicada a projetos agrovoltaiços no valor de 15 milhões de euros**, um sinal claro do reconhecimento institucional desta tecnologia como instrumento de política energética e agrícola.

2 Agrovoltaiico em sistemas agrícolas

FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para tirar partido de um sistema agrovoltaiico é importante conhecer alguns princípios fundamentais do funcionamento dos painéis solares fotovoltaicos de modo a perceber o que se pode esperar do sistema, como interpretar a sua produção e evitar surpresas na fatura.

Como os painéis solares produzem eletricidade

Os painéis fotovoltaicos transformam a luz solar diretamente em eletricidade. Este processo ocorre nas **células solares que compõem cada painel, e normalmente fabricadas em silício**. Quando a luz incide sobre as células, gera uma corrente elétrica contínua, que é depois convertida em corrente alternada por um equipamento chamado inversor, tornando-se compatível com a rede elétrica e com os equipamentos da exploração.

O ponto mais importante a reter é que os **painéis só produzem energia quando há luz solar**. De noite, a produção é nula. Num dia com muita nebulosidade, a produção é significativamente mais baixa do que num dia limpo. Esta característica, a dependência da radiação solar disponível, é o aspeto mais relevante para o agricultor que quer integrar painéis na sua exploração, devendo o mesmo **conhecer o perfil de consumos da sua exploração, ao longo do ano, dia e em termos de potência**.

A produção ao longo do dia e do ano

Num dia com céu limpo, a produção começa ao nascer do sol, aumenta progressivamente até atingir um pico a meio do dia (quando o sol está mais alto e a radiação é mais intensa), e desce gradualmente até ao pôr do sol. No inverno, o dia é mais curto e o sol mais baixo no horizonte, pelo que a **produção diária é menor do que no verão**.

Em Portugal, as condições são particularmente favoráveis. O país beneficia de **uma das maiores quantidades de horas de sol da Europa, entre 2 200 e 3 000 horas por ano**, dependendo da região, o que se traduz numa elevada produção anual por painel instalado.

O Alentejo e o Algarve estão entre as zonas com maior recurso solar, mas mesmo o norte do país tem condições bastante acima da média europeia.

A importância do autoconsumo

A estratégia mais vantajosa para uma exploração agrícola com painéis fotovoltaicos é o autoconsumo: **usar diretamente a energia produzida pelos painéis para alimentar os equipamentos da exploração**, em vez de a enviar para a rede. Isto acontece de forma automática, se a bomba de rega está a trabalhar enquanto os painéis estão a produzir, está a usar energia solar.

A razão pela qual o autoconsumo é mais interessante do que vender a energia à rede é económica: o preço que se recebe por cada quilowatt-hora vendido à rede é inferior ao preço que se paga por cada quilowatt-hora comprado. Por isso, **quanto mais energia for consumida no local, quando é produzida, maior é a poupança**.

Isto tem uma implicação prática importante, **os sistemas agrovoltaicos são especialmente adequados para explorações que têm consumos elétricos durante o dia e nos meses mais quentes**, como bombas de rega, sistemas de refrigeração, câmaras de conservação, motores de transformação ou ordenha. Estes são, aliás, os consumos que mais coincidem com os momentos de maior produção solar.

Além da quantidade de luz disponível, a produção elétrica dos painéis é influenciada por outros fatores que o agricultor deve conhecer:

Temperatura dos módulos.

Os painéis fotovoltaicos produzem menos quando ficam muito quentes. Num dia de verão muito quente e ensolarado, a produção pode ser ligeiramente inferior ao esperado pelo calor que os módulos acumulam devido ao sol intenso. Em sistemas agrovoltaicos, este problema é parcialmente mitigado: a ventilação natural entre os painéis, em particular devida ao maior espaçamento entre fileiras, e as culturas por baixo dos mesmos tendem a manter os módulos mais frescos do que numa central convencional ².

Nebulosidade

A passagem de nuvens provoca quedas temporárias na produção. Em dias com nebulosidade variável, a produção pode oscilar significativamente ao longo do dia. Esta variabilidade é normal e não indica qualquer problema no sistema.

Sujidade e manutenção

A acumulação de poeira, pólen ou outros depósitos nos painéis reduz a produção elétrica. Em sistemas agrovoltaicos, a limpeza pode ser realizada pela chuva (de forma natural) ou por lavagem manual periódica. As operações de manutenção devem estar previstas no plano de exploração do sistema.

Orientação e inclinação

Em Portugal, os painéis orientados a sul e com uma inclinação próxima da latitude do local, em Portugal tipicamente entre 25 e 35 graus, produzem o máximo de energia anual. Sistemas com orientação este-oeste produzem um pouco menos no total, mas com uma distribuição mais uniforme ao longo do dia, o que pode ser vantajoso para o autoconsumo em explorações com consumos matinais e vespertinos.



Componentes de um sistema

Um sistema fotovoltaico completo inclui, para além dos painéis, outros **equipamentos que o agricultor deve conhecer**:

O inversor é o equipamento que converte a corrente contínua gerada pelos painéis em corrente alternada utilizável na maioria dos equipamentos. É, em geral, o componente com maior taxa de substituição ao longo da vida do sistema (tipicamente 10 a 15 anos, face aos 25 a 30 anos dos painéis).

O contador e o sistema de monitorização permitem acompanhar a produção do sistema em tempo real e criar um histórico da mesma, bem como o consumo da exploração e os eventuais excedentes enviados para a rede. A monitorização é uma ferramenta valiosa para otimizar o autoconsumo e detetar rapidamente qualquer problema no sistema.

O armazenamento em bateria, embora ainda pouco comum em sistemas de grande dimensão dado o elevado custo de investimento, está a tornar-se mais acessível. Permite guardar energia produzida a meio do dia para usar ao fim da tarde ou início da noite, aumentando a taxa de autoconsumo. Em sistemas agrovoltaiços de pequena exploração esta pode ser uma opção interessante, sobretudo quando os consumos são distribuídos ao longo do dia.

Em sistemas com *tracking* (seguimento solar), os painéis estão montados em estruturas motorizadas que os orientam automaticamente ao longo do dia para seguir o sol. Isto aumenta a produção de energia, mas também o custo e a complexidade de manutenção. Em contexto agrovoltaiço, os sistemas de *tracking* têm a vantagem adicional de permitir regular o sombreamento sobre as culturas, ajustando o ângulo dos painéis conforme as necessidades das plantas em cada fase do seu desenvolvimento.



CLIMA E RECURSO SOLAR EM PORTUGAL

A decisão de instalar um sistema agrovoltaico **depende, em grande medida, das condições climáticas** do local. O clima determina não só a quantidade de energia que os painéis vão produzir, mas também os benefícios agronómicos que se podem esperar, nomeadamente a proteção contra o calor, a redução do stress hídrico e a proteção contra fenómenos extremos.

O recurso solar em Portugal

Portugal é um dos países mais ensolarados da Europa. A irradiação solar horizontal global, a quantidade total de energia solar que incide sobre uma superfície horizontal num ano, varia entre **1 600 kWh/m²/ano no norte litoral** e **2 200 kWh/m²/ano no Alentejo e no Algarve**.

Para comparação, a Alemanha, o maior mercado solar europeu, tem valores de **1 000 a 1 200 kWh/m²/ano²**.



Figura 1 - Irradiação solar horizontal na Europa
(Fonte: Global Solar Atlas, <https://globalsolaratlas.info/map>).

Variação sazonal e implicações para a exploração

A produção solar **não é uniforme ao longo do ano**. Em Portugal, há uma diferença significativa entre o verão, quando os dias são longos, o sol está alto e a radiação é intensa, e o inverno, quando os dias são curtos e a energia produzida por dia pode ser três a quatro vezes menor do que no pico do verão.

Esta sazonalidade coincide, de forma favorável, com o **calendário de muitas explorações agrícolas**:

No **verão**, quando a produção solar é máxima, os consumos de rega e refrigeração são também os mais elevados. Esta coincidência é um dos argumentos mais fortes a favor do agrovoltaico em Portugal.

No **inverno**, quando a produção solar é mais baixa, os consumos das explorações tendem a ser menores. Há, portanto, uma complementaridade natural entre o ciclo solar e o ciclo agrícola.



Zonas climáticas de Portugal e implicações para o agrovoltaico

Portugal continental não é climaticamente homogéneo. Com base na caracterização climática do espaço SUDOE ², podem identificar-se **três grandes zonas** com implicações distintas para o agrovoltaico:

Zona mediterrânica (Alentejo, Algarve)

Verões quentes e secos, invernos amenos, precipitação concentrada no outono e primavera, elevada evapotranspiração no verão. É a zona com maior recurso solar e maior potencial para o agrovoltaico. Os benefícios de sombreamento e redução do stress hídrico são aqui mais expressivos, sendo esta zona particularmente adequada para sistemas agrovoltaicos em explorações hortícolas, vinha e olival.

Zona oceânica atlântica (litoral norte e centro, interior norte)

Temperaturas amenas, precipitação abundante e regular, menor amplitude térmica. O recurso solar é inferior ao sul, mas ainda competitivo à escala europeia. O benefício principal dos sistemas agrovoltaicos nesta zona é a proteção contra fenómenos extremos (granizo, chuvas torrenciais, vento) mais do que a redução do stress hídrico. Culturas como frutos vermelhos, macieiras e pastagens são candidatas naturais à integração neste tipo de sistemas.

Zona de transição e interior (Trás-os-Montes, Beira Interior)

Grande amplitude térmica anual, verões quentes e secos, invernos frios. A combinação de calor intenso no verão com invernos frios cria um ambiente onde o sombreamento agrovoltaico pode ser benéfico no período estival, mas requer atenção para não reduzir excessivamente a radiação nas fases críticas de crescimento das culturas de ciclo longo.

Alterações climáticas e urgência da adaptação

Portugal é um dos países da Europa mais vulneráveis às alterações climáticas. As tendências observadas nas últimas décadas incluem aumento das temperaturas médias, maior frequência e intensidade de ondas de calor, secas mais prolongadas, irregularidade crescente das precipitações e aumento dos episódios de chuva intensa ².

Para a agricultura, estas tendências traduzem-se em maiores necessidades de rega, perdas de rendimento em anos extremos e maior imprevisibilidade económica.

O agrovoltaico não resolve estes desafios por si só, mas pode **contribuir para atenuar os seus efeitos mais imediatos**, através do sombreamento que reduz a temperatura junto às plantas, da diminuição da evapotranspiração que poupa água, e da proteção física que os painéis oferecem contra granizo e chuva intensa.

CARACTERÍSTICAS DE CONCEÇÃO DOS SISTEMAS

A instalação de um sistema agrovoltaico não é uma decisão independente do que se cultiva. A conceção do sistema, a altura dos painéis, o espaçamento entre fileiras, o tipo de módulos, deve ser pensada em função da cultura, da maquinaria utilizada e dos objetivos do agricultor. Um sistema mal dimensionado pode prejudicar a produção agrícola ou tornar-se economicamente inviável. Esta secção apresenta os principais parâmetros a considerar.

Conceção agronómica

Altura dos painéis

A altura a que os painéis são instalados é, provavelmente, o parâmetro mais determinante. Uma **altura insuficiente pode impedir a passagem de maquinaria, dificultar os trabalhos agrícolas e criar um sombreamento excessivo**. Cada cultura tem requisitos diferentes: para vinha e olival, onde se usam tratores e máquinas de colheita, a altura livre mínima deve ser de 4 a 5 metros. Para hortícolas em produção manual ou com pequenos equipamentos, a altura pode ser menor. Para estufas, os painéis podem ser integrados na própria cobertura².

Espaçamento entre fileiras

O espaçamento entre as fileiras de painéis determina quanta luz chega ao solo e condiciona a largura de trabalho disponível para maquinaria. Espaçamentos maiores reduzem o sombreamento e facilitam a mecanização, mas também diminuem o número de painéis por hectare e, portanto, a produção elétrica por unidade de área. A escolha do espaçamento é, por isso, um **equilíbrio entre a função agrícola e a função energética, e deve ser definida com base nos requisitos da cultura e na largura da maquinaria utilizada**.

Orientação das fileiras

A orientação norte-sul das fileiras de painéis é preferida em muitos sistemas agrovoltaicos porque distribui a sombra de forma mais uniforme ao longo do dia. A orientação este-oeste pode ser adequada quando se pretende uma sombra mais estável a meio do dia (período mais crítico de calor). A escolha deve **ter em conta a topografia do terreno e os percursos de trabalho habituais na exploração**.

Compatibilidade com a cultura

Diferentes culturas têm diferentes tolerâncias ao sombreamento. As culturas que exigem muita luz direta, como girassol ou milho, são menos compatíveis com sistemas de alta densidade de painéis. Culturas que toleram ou até beneficiam de sombra parcial, como hortícolas de folha, frutos vermelhos ou certas variedades de vinha, são candidatos naturais ao agrovoltaico. A **Tabela 1** resume de forma simplificada as compatibilidades mais documentadas².



Tabela 1 – Compatibilidade entre diferentes culturas.

Tipo de cultura	Compatibilidade	Observação
Hortícolas de folha (alface, espinafres, acelga)	Alta	Beneficiam do sombreamento parcial; menor stress térmico
Frutos vermelhos (morangos, framboesas)	Alta	Proteção contra calor e queimaduras solares
Vinha	Média-Alta	Resultados positivos com sistemas dinâmicos bem controlados
Olival	Média	Adequado em sistema elevado; evitar sombreamento excessivo
Amendoeira adulta	Média-Baixa	Sensível a sombra em floração e frutificação
Cereais de inverno	Média	Funciona com sistemas de baixa densidade; exige acompanhamento
Pastagem	Alta	Boa compatibilidade, especialmente em climas quentes e secos
Culturas hortícolas em estufa	Alta	Integração na cobertura; proteção e produ- ção em simultâneo

Conceção energética

Tipo de painéis

Os painéis fotovoltaicos mais comuns são os de silício monocristalino, com elevada eficiência (tipicamente 20 a 23%). Em contexto agrovoltaico, podem utilizar-se também módulos semitransparentes ou com células espaçadas, que deixam passar uma fração da luz, aumentando a disponibilidade de radiação para as culturas, embora com um desempenho energético inferior. Os painéis bifaciais constituem outra opção, para além de captarem radiação na face frontal, aproveitam também a luz refletida ou difusa na face posterior, o que nalgumas configurações, como os sistemas em cerca descritos mais adiante neste capítulo, pode permitir aumentar significativamente a produção energética face a um painel convencional de face única.

Sistemas fixos vs. sistemas com seguimento

Os sistemas fixos são mais simples, menos dispendiosos e de mais fácil manutenção. Os sistemas com seguimento, em que os painéis rodam ao longo do dia para seguir o sol, produzem mais energia (tipicamente 20 a 30% mais), mas têm um custo de instalação e manutenção superiores. Em contexto agrovoltaico, o seguimento tem o benefício adicional de possibilitar regular ativamente o sombreamento sobre as culturas conforme as suas necessidades, o que é especialmente relevante em culturas mais sensíveis à quantidade de radiação.

Dimensionamento para o autoconsumo

A potência do sistema deve ser definida em função dos consumos elétricos da exploração, não da área disponível. Instalar mais potência fotovoltaica do que o necessário para suprir o consumo da exploração, implica enviar excedentes para a rede a um preço baixo, o que reduz a rentabilidade. O dimensionamento ideal é aquele em que a maior parte da energia produzida é consumida no local, sobretudo nas horas de maior produção solar.

Quedas de tensão

Em explorações localizadas em zonas rurais, a rede elétrica pode ter limitações de capacidade. É importante verificar com o operador de distribuição (E-REDES em Portugal) se a rede suporta a ligação do sistema, especialmente quando se pretende injetar excedentes. Para sistemas de autoconsumo puro, sem injeção na rede, este constrangimento é menor.

Telecomunicações e monitorização remota

A maioria dos sistemas modernos inclui um sistema de monitorização que permite acompanhar a produção em tempo real através de um computador ou telemóvel. Isto facilita a deteção de avarias e a otimização do autoconsumo. Em zonas rurais sem cobertura de dados móveis de qualidade, pode ser necessário prever soluções alternativas de comunicação.



METODOLOGIAS DE APLICAÇÃO DE AGROVOLTAICO

Os sistemas agrovoltaicos dividem-se em dois grandes grupos: os sistemas **abertos**, onde a cultura é produzida ao ar livre, e os sistemas **fechados**, onde a cultura está protegida por uma estrutura que integra os painéis fotovoltaicos. Dentro de cada grupo, existem diferentes tipologias de estrutura e configurações de seguimento solar. A **Figura 2** sintetiza esta classificação.

A compatibilidade entre culturas e sistemas agrovoltaicos é uma questão amplamente investigada. Contudo, os estudos disponíveis são na sua maioria projetos-piloto de curta duração, realizados em contextos climáticos e agrónomicos muito específicos, o que dificulta a generalização das conclusões. A resposta de uma cultura à sombra parcial dos painéis depende não só da espécie, mas

também da variedade, da região, da altura dos painéis, da orientação, da densidade de cobertura e das condições de solo e de rega. Pequenas diferenças nestas variáveis podem alterar significativamente os resultados.

Ainda assim, a literatura permite tirar algumas conclusões com razoável consistência, que se apresentam nas secções seguintes. Estas conclusões devem ser entendidas como **orientações de partida para a avaliação de cada projeto, e não como garantias de desempenho.** A monitorização agrónómica sistemática, com parcelas de controlo puramente agrónomicas, continua a ser indispensável para **validar a adequação de qualquer combinação específica de cultura e tipologia de sistema** nas condições concretas de cada exploração.

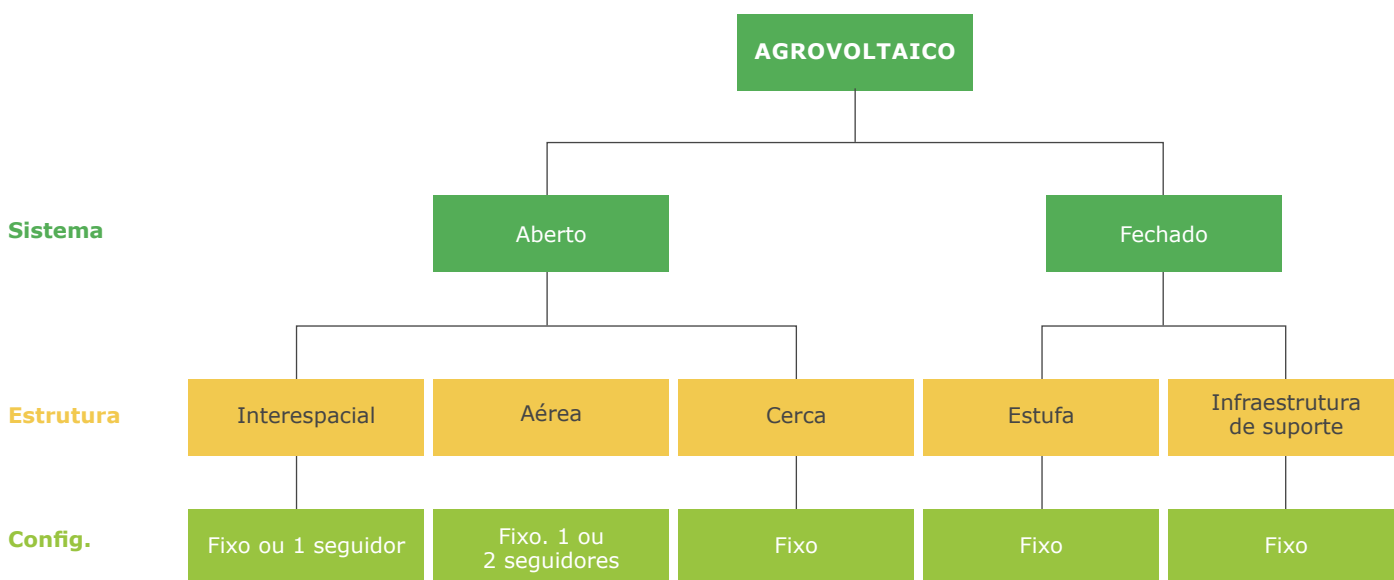


Figura 2 - Classificação dos sistemas agrovoltaicos. Adaptado de (Santos, 2025) ⁸.

Sistemas abertos

Nos sistemas abertos, a cultura está **exposta ao exterior** e os painéis são **instalados em estruturas** que coexistem com o espaço agrícola. Existem três tipologias principais.

Interespacial

Nos sistemas interespaciais, **Figura 3**, os painéis são instalados em fileiras no solo, a baixa ou média altura, com passagens entre estas onde a cultura agrícola é praticada.

Ao contrário dos sistemas aéreos, **os painéis não ficam acima da cultura, estão ao mesmo nível ou ligeiramente acima**, criando uma alternância de faixas sombreadas

das (sob os painéis) e faixas abertas (entre as fileiras). Esta tipologia é **adequada para culturas arvenses** (cereais, leguminosas) e **pastagens**, onde a mecanização opera com equipamentos de grande largura de trabalho. O principal desafio é gerir a heterogeneidade de luminosa entre as zonas sombreadas e as zonas abertas, que pode traduzir-se em variações de rendimento dentro da mesma parcela.

O espaçamento entre fileiras deve ser definido com base na largura dos equipamentos agrícolas utilizados e nas necessidades de luz da cultura.

Os sistemas interespaciais podem ser **fixos ou equipados com um seguidor de um eixo**, que orienta os painéis ao longo do dia para maximizar a produção energética.

Culturas com potencial: pastagem, cereais de inverno, leguminosas.



Figura 3 - Configuração interespacial.

Fonte: <https://soltec.com/pt/solucoes/produtos/agrovoltaico/>

Aérea

Nos sistemas aéreos, **Figura 4**, os painéis são elevados a uma altura suficiente, tipicamente entre 4 e 6 metros, para que a atividade agrícola possa continuar normalmente por baixo deles, incluindo a circulação de maquinaria. É a tipologia mais versátil e mais documentada à escala europeia.

Os sistemas aéreos podem ser **fixos ou com seguimento solar**. Os sistemas fixos são mais simples e económicos. Os sistemas com seguidor de um ou dois eixos **orientam os painéis ao longo do dia**, aumentando a produção elétrica (tipicamente 20 a 30% face a um sistema fixo) e, nos sistemas dinâmicos, permitindo **regular ativamente o nível de sombreamento sobre as**



Figura 4 - Configuração aérea.

Fonte: O Instalador, <https://www.oinstalador.com/Artigos/576630-Glap-e-ISA-anunciam-o-seu-primeiro-projeto-agrovoltaico-em-Portugal.html>

culturas conforme as suas necessidades em cada fase do ciclo vegetativo, o que é particularmente interessante em culturas sensíveis.

Em Portugal, vários projetos utilizam esta tipologia: o **AGROVOLTEP** em Évora (estruturas elevadas sobre hortícolas, 50 kWp), o **AgriPV-ISA** em Lisboa (vinha com acompanhamento solar, 130 kWp) e

o **FRUITPV** em Alcobaça (exploração frutícola) são exemplos em funcionamento ou concluídos.

Culturas com potencial: vinha, olival, árvores de fruto de caroço, hortícolas, pastagem.

Cerca

Os sistemas em cerca, **Figura 5**, utilizam painéis bifaciais instalados verticalmente, dispostos em fileiras orientadas no sentido norte-sul, de forma semelhante a vedações ou sebes.

Esta orientação permite que ambas as faces dos painéis captem radiação solar, a face este capta a luz da manhã, a face oeste capta a luz da tarde, resultando numa **produção mais distribuída ao longo do dia** do que num sistema convencional orientado a sul.



Figura 5 - Sistemas em cerca.

Fonte: enel, <https://www.enelgreenpower.com/pt/midias/news/2024/03/agrivoltaico-salaparuta>.

A principal vantagem desta tipologia é a menor ocupação de superfície: as fileiras verticais ocupam uma faixa estreita de terreno, deixando o espaço entre elas disponível para a cultura.

Não existe o efeito de sombreamento intenso que se verifica nos sistemas horizontais, o que torna esta configuração **compatível com culturas que necessitam de muita luz**.

Esta é uma tipologia emergente em contexto europeu, com experiências em vinha, cereais e pastagem. Os estudos disponíveis mostram que as fileiras verticais podem **limitar as perdas diretas de superfície agrícola útil e preservar a mecanização**, mas levantam questões sobre a distribuição da luminosidade e a heterogeneidade intraparcelar.

Culturas com potencial: cereais de inverno, vinha em determinadas configurações, pastagem.

Sistemas fechados

Nos sistemas fechados, a cultura está protegida por uma estrutura, uma estufa ou outra infraestrutura de apoio agrícola, na qual os painéis fotovoltaicos são integrados. O espaço interior pode ser **ventilado ou climatizado**, e a **gestão da luz** disponível para as culturas é um fator determinante na conceção do sistema.

Estufa

Nesta tipologia, os painéis fotovoltaicos são habitualmente **integrados na cobertura ou no interior de estufas agrícolas**, **Figura 6**, podendo a estufa ser especificamente concebida para incorporar painéis, ou pode ser uma estufa existente à qual se adicionam módulos na cobertura.

Podem ser utilizados painéis **opacos**, que bloqueiam totalmente a luz nas áreas que cobrem, ou painéis **semitransparentes**, que deixam passar uma fração da radiação e mantêm as culturas com acesso à luz solar. A escolha depende do tipo de cultura e das suas necessidades luminosas.



Figura 6 - Configuração em estufa.

Fonte: solarinnova, <https://www.solarinnova.net/pt/produ-tos/fotovoltaica/suportes/estufa#fotos>.

Em culturas que toleram ou beneficiam de sombreamento parcial, como determinadas hortícolas ou frutos vermelhos, os painéis opacos podem ser usados em maior proporção. Em culturas mais exigentes em luz, são preferíveis os módulos semitransparentes.

Esta é a configuração com **maior proteção física das culturas** e, em muitos casos, com maior eficiência no uso da energia produzida, uma vez que a estufa é tipicamente um consumidor elétrico significativo (aquecimento, ventilação, iluminação complementar).

Em Portugal, o projeto **AgroSOL** está a testar este modelo com uma estufa agrovoltáica de cerca de 85m² na Herdade da Mitra, em Évora, com produção hortícola e dimensionada para uma potência PV de 9kWp. O projeto **AGRIFLEX**, do Instituto Politécnico de Coimbra, testou a configuração de painéis instalados no interior da estufa com legumes, com resultados positivos ².

Culturas com potencial: hortícolas de folha e fruto, frutos vermelhos, plantas aromáticas, culturas de alto valor acrescentado

Infraestruturas de suporte

Esta tipologia inclui a integração de painéis fotovoltaicos em **infraestruturas agrícolas ou pecuárias existentes**, **Figura 7**, que não são estufas, mas sim estruturas como pérgolas de vinha, coberturas de locais de secagem ou transformação, estruturas de

sombreamento de pecuária, parques de estacionamento de explorações ou alpendres. Os painéis são **instalados de forma fixa na cobertura destas estruturas**, aproveitando superfícies que de outra forma não produziram energia.



Figura 7 - Configuração em infraestrutura de suporte.

Fonte: Farm Solar System, <https://animalia-life.club/qa/pictures/farm-solar-system>

Culturas com potencial: vinha em pérgola, olival com redes de colheita, infraestruturas de apoio à transformação e armazenamento.

Sombreamento dinâmico

O sombreamento dinâmico é uma característica que pode ser aplicada a várias das tipologias anteriores, elevados, estufas ou fileiras, e não uma tipologia em si mesma. Consiste em **equipar os painéis com um sistema de orientação motorizado** (*tracking*/seguimento) que permite ajustar o ângulo dos módulos ao longo do dia e conforme as necessidades da cultura.

Num *tracker* convencional, os painéis **orientam-se continuamente para maximizar a captação solar**, o que pode gerar sombras significativas sobre a cultura nas horas de maior irradiação.

O sombreamento dinâmico inverte esta lógica: em vez de otimizar exclusivamente a produção elétrica, o **sistema pode ajustar o ângulo dos módulos em função das necessidades da cultura**, aumentando a sombra nos momentos de maior stress térmico e reduzindo-a quando a cultura necessita de mais luz, por exemplo nas fases de floração ou maturação.

A flexibilidade das soluções com sombreamento dinâmico é especialmente valiosa em culturas sensíveis, onde as necessidades de luz variam ao longo do ciclo vegetativo.

Estudos em sistemas de sombreamento dinâmico em culturas frutícolas e de vinha mostram que é possível atingir **91% da irradiação-alvo** do lado agrícola, com uma **redução de apenas cerca de 20% na produção elétrica** anual face a um *tracker* otimizado exclusivamente para a energia, uma troca considerada favorável quando a prioridade é a produção agrícola ².

MONITORIZAÇÃO DE UM SISTEMA AGROVOLTAICO

Instalar um sistema agrovoltaico é apenas o primeiro passo. Para perceber se o sistema está a funcionar bem, tanto do ponto de vista energético como agrícola, é necessário **acompanhá-lo ao longo do tempo**. Esta monitorização não exige instrumentos sofisticados para começar, mas requer regularidade e método.

Porquê monitorizar

A monitorização tem **dois objetivos distintos** que se complementam:

O primeiro é **operacional**: saber se o sistema está a produzir o esperado, detetar avarias antecipadamente e otimizar o autoconsumo. Um painel com sujidade acumulada, um inversor com um problema intermitente ou uma bomba de rega que ficou ligada desnecessariamente são situações que a monitorização permite identificar rapidamente.

O segundo é **agronómico**: perceber qual o efeito real da instalação fotovoltaica na cultura. Esta informação é essencial porque, sem comparação sistemática, é impossível distinguir o impacto dos painéis das variações climáticas normais de ano para ano. Um verão mais seco do que o habitual pode reduzir a produção agrícola independentemente da presença dos painéis, mas só parcelas de controlo bem acompanhadas permitem chegar a esta conclusão com confiança.

Há ainda um terceiro motivo, de natureza mais prática, a documentação do desempenho do sistema é frequentemente exigida por entidades financiadoras e pode ser relevante em futuras candidaturas a apoios.

O que monitorizar do lado energético

Os sistemas fotovoltaicos modernos incluem, quase sempre, um sistema de monitorização integrado que regista automaticamente os principais indicadores energéticos. O agricultor deve **verificar regularmente**:

Produção total dos painéis (kWh por dia, mês e ano). Permite comparar o desempenho real com o esperado aquando da instalação e identificar desvios que possam indicar um problema técnico.

Autoconsumo, a fração da energia produzida que é consumida diretamente na exploração. Este é o indicador mais relevante para avaliar o desempenho económico do sistema. Um autoconsumo baixo significa que muita energia está a ser enviada para a rede a um preço baixo, o que reduz a rentabilidade.

Excedentes enviados para a rede (kWh). Complementar ao autoconsumo, permite perceber se o sistema está sobredimensionado face aos consumos da exploração.

Energia comprada à rede (kWh e €). Comparar este valor antes e depois da instalação é a forma mais direta de quantificar a poupança obtida.

O que monitorizar do lado agronómico

A monitorização agronómica é, por natureza, **mais exigente do que a energética**, não é automática e requer registos manuais. No entanto, pode começar de forma simples, com os registos que muitos agricultores já fazem habitualmente.

Rendimento das culturas

O registo do rendimento por parcela, em quantidade e qualidade, é o indicador mais fundamental. Para ser útil, deve incluir tanto as parcelas sob os painéis como as parcelas de controlo (ver abaixo).

Consumo de água de rega

Registar os volumes de rega aplicados permite verificar se, como esperado, o sombreamento dos painéis está a reduzir as necessidades hídricas da cultura.

Temperatura junto às plantas

Em culturas sensíveis ao calor, registar temperaturas máximas sob os painéis e numa parcela em campo aberto permite quantificar o benefício microclimático da instalação. Medições simples de temperaturas máxima e mínima são suficientes para uma monitorização básica.

Humidade do solo

Sensores de humidade do solo, instalados sob os painéis e numa parcela de controlo, permitem verificar se a instalação está a contribuir para conservar a humidade do solo, um dos benefícios mais documentados do agrovoltaico em clima mediterrânico.

Estado sanitário e fenologia das culturas

Registar o calendário de floração, frutificação e colheita, bem como eventuais problemas sanitários, permite identificar efeitos da instalação que não se traduzem diretamente no rendimento da mesma mas que influenciam a qualidade da produção.

O papel das parcelas de controlo

A parcela de controlo é uma área da mesma exploração, com a mesma cultura e o mesmo sistema de gestão, mas **sem painéis fotovoltaicos**. É o ponto de comparação sem o qual a monitorização agronómica perde muito do seu valor.

Se num dado ano a produção sob os painéis for 10% inferior à da parcela de controlo, o agricultor sabe que a instalação teve um impacto negativo naquele contexto específico. Se for 5% superior, o impacto foi positivo. Sem esta comparação, **qualquer variação de rendimento pode ser atribuída ao clima**, à variedade, à gestão, ou aos painéis, sem que seja possível distinguir as causas.

A parcela de controlo não precisa de ser grande, pode ser uma faixa da mesma exploração, desde que as condições de solo e gestão sejam comparáveis.

O importante é que exista desde o início do projeto e que seja monitorizada com o mesmo rigor que as parcelas sob os painéis.

3 Agrovoltaico em sistemas pecuários

O agrovoltaico em contexto pecuário tem características específicas que o distinguem da sua aplicação em culturas agrícolas. A presença de animais impõe requisitos adicionais, de segurança, de circulação, de gestão das pastagens, mas abre também oportunidades únicas que não existem em sistemas de produção vegetal. Este capítulo aborda os benefícios documentados, os tipos de sistemas mais adequados, os desafios práticos e os exemplos de referência disponíveis.

O projeto **AgroSOL**, que constitui a principal fonte de dados desta publicação, centra-se na **produção vegetal em campo aberto e exclui explicitamente a pecuária** do seu âmbito de trabalho. Os conteúdos deste capítulo baseiam-se por isso em estudos científicos e projetos-piloto europeus documentados na literatura.

A base de evidência é menos extensa do que para as culturas agrícolas, e os resultados devem ser interpretados com a cautela que a maturidade ainda limitada desta aplicação específica exige.

PORQUE É QUE A PECUÁRIA É COMPATÍVEL COM O AGROVOLTAICO

A pecuária extensiva e semi-extensiva, baseada no pastoreio em campo aberto, é, em termos estruturais, uma das atividades mais compatíveis com a instalação de sistemas fotovoltaicos. **Os animais não competem diretamente com os painéis pelo recurso solar**, a maquinaria agrícola utilizada nas pastagens é, em geral, de menor porte do que a usada em culturas arvenses, e os animais podem circular livremente sob e entre estruturas elevadas desde que a altura livre seja suficiente.

Esta compatibilidade estrutural traduz-se num conceito fundamental do agrovoltaico: o **índice de utilização do solo**,

conhecido na literatura científica pelo acrónimo LER (*Land Equivalent Ratio*).

O LER mede a eficiência combinada de um sistema agrovoltaico face à separação das duas atividades em terrenos distintos. Um LER superior a 1 indica que o sistema combinado é mais eficiente no uso do solo do que as duas atividades a funcionar separadamente. Simulações de sistemas agrovoltaicos registaram valores de LER superiores a 1,3, o que significa que **seria necessário mais 30% de área para obter a mesma produção combinada se as duas atividades fossem desenvolvidas separadamente**, com projeções de valores até 1,7 em sistemas otimizados ⁹.

⁹ A **pecuária extensiva** caracteriza-se pela criação de animais em grandes áreas de pastagem, com baixa densidade populacional e dependência de recursos naturais. Já a **pecuária semi-extensiva** constitui um modelo intermédio, no qual o gado permanece em pastagens, mas recebe suplementação alimentar e cuidados sanitários mais rigorosos para otimizar a produtividade.

BENEFÍCIOS PARA OS ANIMAIS E PARA A PASTAGEM

Bem-estar animal e redução do stress térmico

O stress térmico é um dos principais fatores que afeta a produtividade dos animais em climas quentes. Em Portugal, as ondas de calor são cada vez mais frequentes e prolongadas, e a exposição direta ao sol durante os meses de verão pode comprometer o bem-estar, a produção de leite, a taxa de fertilidade e o crescimento dos animais.

A sombra proporcionada pelos painéis fotovoltaicos pode mitigar estes efeitos de forma significativa. Registos de temperatura em projetos agrovoltaicos com sistemas elevados documentam **temperaturas até 3,5 °C mais baixas sob os painéis durante o verão**, comparativamente a zonas de pastagem sem proteção ². Esta diferença tem impacto real no conforto fisiológico dos animais, reduzindo o consumo energético associado à termorregulação e libertando recursos metabólicos para a produção.

A melhoria do bem-estar animal em sistemas agrovoltaicos é explicitamente reconhecida na definição legal francesa de agrovoltaico, que inclui a “**melhoria do bem-estar animal**” como um dos serviços que uma instalação deve prestar à parcela agrícola para ser reconhecida como tal. Embora Portugal não disponha ainda de um enquadramento legal equivalente, este critério serve de referência para a avaliação da qualidade dos projetos.

Produtividade e qualidade das pastagens

Os estudos disponíveis sobre o comportamento das pastagens sob painéis fotovoltaicos são globalmente positivos, com maior consistência em climas quentes e secos. Os principais efeitos documentados são:

Manutenção ou melhoria da produtividade estival ^b

Nos anos mais secos, a sombra dos painéis reduz a evapotranspiração da pastagem, mantendo a humidade do solo por mais tempo e permitindo um crescimento vegetativo mais prolongado no verão. Num projeto-piloto francês com produção forrageira e pastoreio de ovelhas, o sombreamento dos módulos suavizou o impacto dos fenómenos climáticos extremos e estabilizou o crescimento anual da pastagem ao longo dos anos de monitorização ¹⁰.

Manutenção do valor alimentar

A literatura científica indica que a sombra parcial dos painéis pode manter, e em alguns casos melhorar, o valor nutritivo das forragens ^c durante os períodos de stress climático, ao retardar a maturação das espécies forrageiras e reduzir a sua lignificação.

^b No clima mediterrânico, refere-se à produção de biomassa durante o Verão. Devido à sazonalidade marcada pela secura estival, a produtividade das pastagens naturais é geralmente nula ou muito reduzida neste período, obrigando os sistemas semiextensivos ao recurso a suplementação (fenos, palhas ou concentrados) para compensar a falta de pasto verde.

^c As forragens também designadas por culturas forrageiras consistem em comunidades de plantas herbáceas que são utilizadas na alimentação animal.

Melhoria do microclima ao nível do solo

Em climas áridos e semiáridos, a sombra dos painéis solares melhora o microclima ao nível do solo, reduzindo a temperatura do ar e a evapotranspiração das plantas. Um estudo ¹¹ conduzido em clima árido no sudoeste dos Estados Unidos documentou benefícios em conservação hídrica e produtividade agrícola em contexto agrovoltaico, embora a transposição destes resultados para o contexto mediterrânico careça de validação experimental.

Algumas configurações de sistemas agrovoltaicos em pastagens são deliberadamente concebidas para favorecer a biodiversidade. A gestão extensiva da vegetação sob os painéis, com espécies floríferas ou mistura de espécies forrageiras e melíferas, cria condições favoráveis para insetos polinizadores, aves e outros animais. Esta combinação, painéis, pastagem e apicultura, é um exemplo de como o agrovoltaico pode gerar múltiplos serviços ecossistémicos na mesma parcela.

TIPOS DE SISTEMAS ADEQUADOS À PECUÁRIA

Nem todas as tipologias agrovoltaicas são igualmente adequadas para sistemas pecuários. A escolha deve ter em conta a espécie animal, o modo de produção (intensivo, semiextensivo, extensivo) e o tipo de pastagem.

Sistemas elevados são a solução mais comum e mais documentada em contexto pecuário. Os painéis são instalados a uma altura de 4 a 6 metros, deixando espaço suficiente para a circulação dos animais e, em muitos casos, para maquinaria de gestão das pastagens (corte, enlace, distribuição de alimento). Esta tipologia é adequada para bovinos, ovinos, caprinos e, com as devidas adaptações, suínos ao ar livre.

Sistemas em cerca (painéis verticais bifaciais) são particularmente adequados para delimitar parcelas de pecuária. Os painéis são integrados nas vedações dos terrenos, cumprindo simultaneamente a função de proteção do perímetro e de produção de energia. Esta solução tem baixo impacto no uso do solo, cria zonas de sombra pontuais para os animais e é considerada reversível e compatível com a rotação de culturas.

Infraestruturas de suporte, como coberturas de áreas de descanso, bebedouros cobertos ou zonas de alimentação, constituem uma oportunidade de integração foto-voltaica com impacto imediato no bem-estar animal, sem interferir com a gestão das pastagens. Esta tipologia é especialmente relevante em sistemas de produção mais intensivos, onde os animais têm acesso a instalações cobertas.



DESAFIOS ESPECÍFICOS

A coexistência de animais com um sistema agrovoltaico impõe desafios que não existem em sistemas puramente agrícolas e que devem ser considerados desde a fase de projeto.

Segurança das instalações elétricas

Os animais podem danificar cabos, caixas de ligação e componentes elétricos acessíveis ao nível do solo. A instalação deve prever a proteção adequada de todos os elementos elétricos ao alcance dos animais, incluindo cabos enterrados ou protegidos por condutas resistentes. Os inversores e quadros elétricos devem ser instalados fora do alcance dos animais ou em zonas vedadas.



Altura das estruturas e circulação

A altura livre das estruturas deve ser dimensionada em função da espécie e do tamanho dos animais. Para bovinos de grande porte, uma altura livre mínima de 2,5 a 3 metros é geralmente considerada suficiente para a circulação, mas pode ser insuficiente para o uso de maquinaria de gestão das pastagens. Para sistemas que combinem pastoreio e mecanização, a altura deve ser aumentada para 4 a 5 metros.

Gestão das pastagens sob os painéis

A sombra dos painéis altera a composição florística das pastagens. As espécies mais tolerantes à sombra tendem a predominar nas zonas sombreadas, enquanto as espécies mais exigentes em luz concentram-se nos corredores abertos. Esta heterogeneidade deve ser gerida através da escolha adequada das misturas forrageiras antes da instalação do sistema, e monitorizada ao longo do tempo para garantir que o valor nutritivo da pastagem se mantém adequado.



Danos nos painéis

Animais maiores, bovinos, cavalos, podem entrar em contacto com as estruturas de suporte ou com os próprios painéis se a altura for insuficiente. A conceção das estruturas deve considerar a robustez mecânica necessária para resistir a impactos ocasionais, e pode ser necessário criar zonas vedadas em torno das fundações das estruturas.



Dimensionamento da carga animal ^d

A introdução de painéis fotovoltaicos numa parcela de pastagem reduz a superfície disponível para pastoreio, pelas fundações e pela zona de sombra intensa sob os módulos, onde a vegetação pode ser mais escassa. A carga animal deve ser recalculada em função da área efetivamente produtiva, para evitar sobrepastoreio.

A evidência científica sobre agrovoltaico em sistemas pecuários é ainda menos extensa do que para as culturas agrícolas. A maioria dos estudos disponíveis tem menos de cinco anos, provém de um número limitado de contextos climáticos e abrange sobretudo **ovinos e bovinos em sistemas extensivos**.

Os resultados são globalmente positivos, mas a sua extrapolação para outros contextos, outras espécies, outras regiões, outros modelos de produção, deve ser feita com prudência e, idealmente, acompanhada de monitorização sistemática desde o início do projeto.

^d Número de animais por hectare de pastagem.

4 Licenciamento

Instalar um sistema agrovoltaico em Portugal envolve navegar por um conjunto de requisitos legais que abrangem três domínios distintos: **a produção de energia elétrica, o uso do solo agrícola e o ordenamento do território**. Nenhum destes domínios foi concebido especificamente

para o agrovoltaico, e a ausência de um regime de licenciamento próprio e completo é, hoje, um dos principais desafios para quem quer avançar com um projeto. Este capítulo explica o que está em vigor, como funciona o processo na prática e o que se espera que mude nos próximos anos.

O PROCESSO REGULAMENTAR

Como referido, Portugal passou a dispor de uma definição legal de sistema agrovoltaico, através da revisão do Decreto-Lei n.º 15/2022, pelo Decreto-Lei n.º 130/2026. De acordo com esta definição, um sistema agrovoltaico é um **sistema solar fotovoltaico cuja exploração está afeta, em exclusivo, ao autoconsumo da atividade agrícola do terreno rústico** onde se encontra instalado, sendo essa a sua atividade principal, sem prejuízo da partilha de eventuais excedentes de energia nos termos do diploma. Um regime de licenciamento específico e completo continua por criar, mas deixa de ser correto afirmar que o conceito de agrovoltaico não existe formalmente no ordenamento jurídico nacional. A instalação de painéis solares em áreas agrícolas com produção alimentar simultânea passa a poder ser **formalmente reconhecida como sistema agrovoltaico**, ainda que a generalidade das obrigações de registo, inspeção e certificação continue a ser partilhada com as instalações fotovoltaicas convencionais.

Na prática, os projetos agrovoltaicos operam na interseção de três regimes legais:

O regime da produção de energia renovável é regulado, sobretudo, pelo Decreto-Lei n.º 15/2022, que enquadra as Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) e as Comunidades de Energia Renovável (CER), entre outros exemplos. Considerando, agora, a redação introduzida pelo Decreto-Lei n.º 130/2026, o Decreto-Lei n.º 15/2022 passa, agora, a distinguir formalmente os sistemas agrovoltaicos das centrais fotovoltaicas convencionais, embora ambos continuem sujeitos às mesmas obrigações gerais de registo, inspeção e certificação ⁸.

O regime do uso do solo e ordenamento do território, que inclui as restrições da RAN, da Reserva Ecológica Nacional (REN) e da Rede Natura 2000, bem como as regras estabelecidas nos Planos Diretores Municipais (PDM) de cada concelho. Estas restrições determinam o que pode ou não ser instalado numa parcela agrícola, independentemente do regime energético aplicável.

O regime da atividade agrícola, que inclui a Agenda de Inovação para a Agricultura 2020-2030, aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 86/2020, de 13 de outubro, que identifica como prioritária a integração de energias renováveis nas explorações agrícolas, mas cuja aplicação continua



A consequência prática desta dispersão normativa é que o agricultor que pretenda instalar um sistema agrovoltaico tem de **identificar e cumprir requisitos provenientes de múltiplas entidades**: a Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) para o licenciamento energético, a Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR) para a utilização de solos em RAN, o município para as licenças de construção e uso do solo, e eventualmente a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) para avaliação de impacto ambiental (AIA) em projetos de maior dimensão.

Esta multiplicidade de interlocutores é reconhecida como um **obstáculo significativo à implementação do agrovoltaico em Portugal** ⁸.

RESTRIÇÕES AO USO DO SOLO

Reserva Agrícola Nacional (RAN)

A RAN é o principal instrumento legal de proteção dos solos agrícolas de maior aptidão em Portugal. É delimitada e gerida pela DGADR e inscrita nos Planos Diretores Municipais. Em princípio, qualquer utilização não agrícola de solos em RAN está sujeita a autorização de **utilização não agrícola, que é restritiva e condicionada**.

Na redação introduzida pelo Decreto-Lei n.º 99/2024, com produção de efeitos a 18 de dezembro de 2024, o Decreto-Lei n.º 15/2022 passou a contar com novidades relevantes para projetos fotovoltaicos em RAN: o pedido dirigido às entidades regionais da DGADR para instalação de centros eletroprodutores, UPAC ou instalações de armazenamento que abranjam áreas integradas em RAN

deve ser acompanhado de um projeto de desenvolvimento agrícola que demonstre a compatibilidade entre a instalação pretendida e o aproveitamento do solo para atividades agrícolas ¹³.

Esta exigência de demonstração de compatibilidade agrícola continua a ser relevante para projetos que não se enquadrem na via específica introduzida no Decreto-Lei n.º 15/2022, pelo Decreto-Lei n.º 130/2026: a instalação e exploração de sistemas agrovoltaicos em áreas RAN passam, agora, a ser consideradas como parte integrante da atividade agrícola, para efeitos do Decreto-Lei n.º 73/2009, de 31 de março, na sua redação atual (regime jurídico da RAN), desde que cumpridas as regras técnicas aplicáveis e mantida a aptidão agrícola

do terreno, nomeadamente, através da **possibilidade de remoção, parcial ou total, do sistema**. Esta via é, assim, distinta do enquadramento genérico decorrente da revisão do Decreto-Lei n.º 15/2022 pelo Decreto-Lei n.º 99/2024, que continua a aplicar-se a instalações fotovoltaicas em geral ⁶.

O mesmo diploma permite o uso de áreas RAN que representem menos de 10% do território contratado para centros eletroprodutores solares e respetivas linhas de ligação, desde que essas áreas tenham **menos de 1 hectare**. Esta regra é relevante para projetos de maior dimensão que possam ter uma pequena sobreposição com áreas RAN ¹³.

Para um projeto agrovoltaico típico de pequena ou média exploração, o caminho mais seguro consiste em verificar, antes de avançar, se a parcela está ou não classificada como RAN.

A informação sobre se o terreno está ou não classificado como RAN pode ser obtida no PDM do município ou consultando a DGADR. Se a parcela estiver em RAN e o projeto envolver estruturas permanentes (fundações, postes), será necessário obter autorização de utilização não agrícola, onde a demonstração de compatibilidade com a atividade agrícola é essencial.

Reserva Ecológica Nacional (REN) e Rede Natura 2000

A REN é um instrumento de proteção de áreas com valor ecológico e funções de proteção de recursos naturais. Instalações fotovoltaicas em REN estão geralmente excluídas, exceto em situações muito específicas. É essencial verificar se a parcela tem sobreposição com REN antes de avançar.

As Zonas de Proteção Especial (ZPE) e os Sítios de Importância Comunitária (SIC) que compõem a Rede Natura 2000 também podem condicionar a viabilidade do projeto. Embora não proíbam automaticamente a instalação, exigem uma avaliação de incidências ambientais ⁸.

Planos Diretores Municipais e licença de construção

As estruturas físicas de suporte dos painéis, nomeadamente fundações, postes e infraestruturas de acesso, constituem obras de construção sujeitas a licença ou comunicação prévia junto da câmara municipal.

A complexidade deste processo varia em função da potência do sistema, da dimensão da estrutura e das regras do PDM local. Em geral, sistemas de autoconsumo de pequena escala em explorações agrícolas têm processos municipais mais simples do que projetos de maior dimensão. É aconselhável consultar o município antes de avançar para o projeto técnico detalhado.

O PROCESSO DE LICENCIAMENTO ENERGÉTICO

O licenciamento da componente de produção de energia é gerido pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) através do Portal do Autoconsumo (apps.dgeg.gov.pt). O processo **varia em função da potência instalada**, Tabela 2, com três limiares principais estabelecidos pelo Decreto-Lei n.º 15/2022, na redação introduzida pelo Decreto-Lei n.º 130/2026 6:

Tabela 2 - Resumo do procedimento de licenciamento de sistemas fotovoltaicos.

Potência instalada	Procedimento
Até 800 W (inclusive)	Isenção de controlo prévio (sem injeção de excedentes na rede)
Inferior ou igual a 30 kW	Mera Comunicação Prévia (MCP) no Portal do Autoconsumo da DGEG
Acima de 30 kW e inferior ou igual a 1 MW	Registo prévio de UPAC e certificado de exploração (após inspeção) no Portal do Autoconsumo da DGEG *A partir dos 250 kW tem de existir proteções de interligação
Acima de 1 MW	Licença de produção e de exploração

O DL 99/2024 introduziu prazos máximos para os procedimentos administrativos: **1 mês para unidades de produção solar até 100 kW e 3 meses para outras unidades**, com pos-

sibilidade de prorrogação de até 6 meses em circunstâncias extraordinárias. Para licenças de produção e exploração de projetos de maior dimensão, o prazo máximo é de 2 anos ¹⁵.

O papel da E-REDES

A E-REDES, enquanto operador da rede de distribuição de energia elétrica, é a entidade responsável por avaliar a viabilidade de ligação do sistema à rede, verificar e adaptar o contador de consumo existente, e criar o Código de Ponto de Entrega (CPE) de produção necessário para a venda de excedentes. Após o registo no portal da DGEG, a E-REDES é automaticamente notificada e inicia o processo de análise de viabilidade da ligação ¹⁶.

Em zonas rurais com redes de baixa tensão com capacidade limitada, a E-REDES pode condicionar ou recusar a injeção de excedentes na rede, ou exigir obras de reforço. Para sistemas dimensionados exclusivamente para autoconsumo, sem injeção de excedentes, este constrangimento é menor.

A E-REDES também é responsável pelo licenciamento de Autoconsumo Coletivo e Comunidades de Energia Renovável.

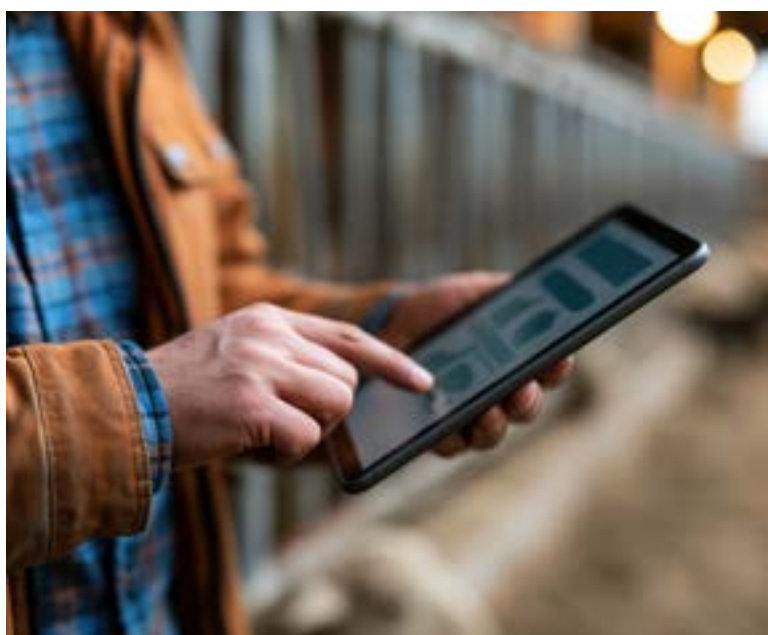
AUTOCONSUMO VS. INJEÇÃO NA REDE

Autoconsumo puro significa que toda a energia produzida é consumida na própria exploração. Os excedentes eventuais são dissipados por um limitador de injeção (antirretorno), não chegando à rede.

Este modelo tem um processo de licenciamento mais simples, não requer acordo com a E-REDES sobre capacidade de injeção, e é a opção mais adequada para sistemas bem dimensionados para o perfil de consumo da exploração.

Autoconsumo com injeção de excedentes permite vender à rede os excedentes que não sejam consumidos na exploração. Para além do registo na DGEG, implica um acordo com a E-REDES sobre a potência de injeção admissível e a instalação do equipamento de medição adequado.

A **remuneração dos excedentes** pode ser feita ao preço de mercado, que nas horas de maior produção solar tem vindo a descer de forma significativa, tornando esta componente cada vez menos relevante do ponto de vista económico ².



Para os excedentes que sejam injetados na rede, o produtor pode celebrar um contrato de venda com um comercializador de último recurso ou em alternativa pode celebrar um contrato com um agregador de energia, que compra os excedentes a um preço negociado e assume o risco de mercado.

Em ambos os casos, **a remuneração obtida não torna a venda de excedentes uma componente economicamente relevante para sistemas de pequena e média dimensão**, o que

reforça a lógica de dimensionar o sistema para autoconsumo.

A lógica económica dominante para sistemas agrovoltaicos de pequena e média dimensão é o autoconsumo, dimensionado para que a maior parte da energia produzida seja consumida diretamente na exploração.

A injeção de excedentes pode existir como complemento, mas não deve ser o fator determinante no dimensionamento do sistema ².

PERSPETIVAS FUTURAS

Nos termos do respetivo quadro legislativo em vigor, Portugal passou a dispor de uma definição legal de sistema agrovoltaico, no seguimento do que já existia noutros países europeus ⁶.

Em **França**, a Lei APER (2023) estabeleceu uma definição legal completa com critérios positivos e negativos, procedimentos de autorização específicos e mecanismos de controlo em fase de exploração ².

Na **Alemanha**, a norma DIN SPEC 91434 define critérios técnicos e agronómicos para o reconhecimento formal de sistemas agrovoltaicos, incluindo a obrigatoriedade de monitorizar os impactos na produtividade agrícola ⁸.

Em **Itália**, o governo estabeleceu que a energia gerada em sistemas agrovoltaicos deve atingir pelo menos 60% da produtividade elétrica de uma central convencional, enquanto a taxa de ocupação do solo não deve ultrapassar 40% ⁸.

O principal desafio regulatório em **Portugal** deixa agora de ser a ausência de definição legal e passa a ser a criação de um regime de licenciamento específico e completo que acompanhe esta nova definição, com procedimentos de autorização, critérios técnicos mensuráveis e mecanismos de controlo em fase de exploração, à semelhança do que já existe nos três países referidos.

Os projetos-piloto em curso, incluindo os do AgroSOL, deverão fornecer evidências práticas que servirão de base a essa regulamentação mais detalhada.

Enquanto um regime de licenciamento completo não existe, o agricultor que queira avançar com um projeto agrovoltaico deve:

- Verificar a classificação da parcela (RAN, REN, Rede Natura 2000, PDM);
- Procurar dimensionar o sistema para autoconsumo;
- Identificar a potência instalada para perceber qual o processo de registo aplicável; e,
- Consultar a câmara municipal sobre eventuais requisitos de licença de construção.

O envolvimento de um técnico habilitado é essencial, tanto para o projeto elétrico como para a interação com os diferentes organismos.



5 Financiamentos

FUNDO AMBIENTAL

O Fundo Ambiental, gerido pela Agência para o Clima (ApC) desde 2025, é o **principal instrumento nacional de financiamento direto a projetos de transição energética em Portugal**. Em 2026, através do Aviso de Abertura de Concurso n.º 02/2026, disponibilizou uma dotação de 15 milhões de euros para apoiar investimentos em eficiência energética, produção e armazenamento de energia no setor agrícola e agropecuário, incluindo a instalação de painéis fotovoltaicos ⁷.

O apoio destinou-se a **associações de regantes, produtores de leite e produtores agrícolas e agropecuários**. Embora este aviso tenha tido um âmbito mais amplo do que o agrovoltaico, a inclusão dos painéis fotovoltaicos como investimento elegível e a orientação específica para o setor agrícola sinalizam uma tendência crescente de **apoio público à integração de energias renováveis nas explorações agrícolas**, no qual o agrovoltaico se enquadra.

PEPAC PORTUGAL (POLÍTICA AGRÍCOLA COMUM 2023-2030)

O Plano Estratégico da Política Agrícola Comum para Portugal (PEPAC no Continente) é o principal instrumento europeu de apoio à agricultura portuguesa para o período 2023-2030. Embora não exista uma linha específica para o agrovoltaico, **a instalação de sistemas fotovoltaicos em explorações agrícolas pode ser financiada através de duas intervenções relevantes:**

Intervenção C.2.1.1

Investimento Produtivo Agrícola: Modernização. Esta intervenção apoia projetos de investimento nas explorações agrícolas que incluam, entre outros, equipamentos e soluções de energias renováveis. As taxas de apoio variam entre 40% e 55% dos custos elegíveis, com um limite máximo de 400.000 euros por candidatura. Podem candidatar-se pessoas singulares ou coletivas com atividade agrícola em Portugal continental ¹⁷.

Intervenção D.1.1.1.1

Pequenos investimentos na exploração agrícola. Destinada a agricultores de menor dimensão, esta intervenção financia pequenos investimentos nas explorações, incluindo soluções digitais e energias renováveis, com apoio não reembolsável até 55% dos custos elegíveis ¹⁷.

Em ambos os casos, a instalação de painéis fotovoltaicos deve ser apresentada como parte de um investimento agrícola com justificação clara do contributo para a competitividade ou sustentabilidade da exploração. **As candidaturas são submetidas no portal do PEPAC no Continente** (www.pepacc.pt).

PLANO DE RECUPERAÇÃO E RESILIÊNCIA (PRR)

O Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) financiou vários projetos-piloto de agrovoltáico em Portugal entre 2022 e 2025, nomeadamente o **AGRIFLEX** (Instituto Politécnico de Coimbra), o **FRUITPV** (Alcobaça) e o **Monte do Pasto** (Cuba, Beja) ². Estes projetos foram financiados no âmbito das componentes de energias renováveis e modernização agrícola do PRR.

O PRR encontra-se em fase de execução e encerramento de candidaturas, pelo que não constitui neste momento uma via aberta para novos projetos.

Os resultados destes projetos estão, no entanto, a contribuir para a base de evidência que sustenta a futura **regulamentação e os programas de apoio ao agrovoltáico em Portugal**.

INCENTIVOS FISCAIS

Para além dos apoios diretos, existem incentivos fiscais que podem melhorar a rentabilidade de um projeto agrovoltáico.

Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Singulares (IRS) sobre a venda de excedentes:

O IRS não incide sobre os rendimentos anuais obtidos com a venda de excedentes de energia à rede, provenientes de UPAC com potência instalada até 1 MW, até ao limite de 1.000 euros por ano ¹⁸. Para a grande maioria dos sistemas agrovoltáicos de pequena exploração, cujos excedentes são reduzidos pelo dimensionamento para autoconsumo, esta isenção é suficiente para cobrir a totalidade dos rendimentos da venda de energia.

Dedução à coleta do Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Coletivas (IRC):

As empresas e entidades coletivas que invistam em equipamentos de energias renováveis podem beneficiar de uma dedução à coleta do IRC de 25% do valor investido ¹⁹. Este incentivo aplica-se a explorações agrícolas constituídas sob a forma de sociedade.

Imposto sobre o Valor Acrescentado (IVA) dos equipamentos fotovoltaicos:

Entre 2024 e 30 de junho de 2025 vigorou uma taxa reduzida de IVA de 6% na aquisição e instalação de equipamentos de produção de energia renovável. Desde 1 de julho de 2025, esses bens e serviços voltaram à taxa normal de 23%.¹⁹ Projetos em fase de aquisição devem confirmar a taxa aplicável junto do fornecedor.

6 Investigação e cooperação

PROGRAMAS EUROPEUS

Para projetos com componente de investigação, inovação ou cooperação transnacional, os **programas europeus** são uma fonte de financiamento complementar relevante.

Interreg SUDOE apoia projetos de cooperação transnacional entre Portugal, Espanha e França. O projeto AgroSOL, que é a base desta publicação, é um exemplo de projeto financiado por este programa para o período 2021-2027.

Horizon Europe financia projetos científicos sobre agrovoltaico em domínios como desempenho agronómico, integração na rede elétrica e desenvolvimento de novas tecnologias. É orientado para entidades de investigação e consórcios com participação académica e implica geralmente parcerias internacionais.

Portugal 2030 é o quadro de fundos estruturais europeus para o período 2021-2027, com uma dotação total de cerca de 23 mil milhões de euros. Projetos agrovoltaicos com componente de inovação ou impacto ambiental podem encontrar enqua-

dramento nos programas temáticos do Portugal 2030, nomeadamente nos programas regionais e no COMPETE 2030. Para identificar o programa mais adequado a cada projeto, recomenda-se a consulta do Balcão 2030 (balcao2030.pt) ou da Agência para o Desenvolvimento e Coesão (AD&C).

Interreg POCTEP apoia projetos de cooperação transfronteiriça entre Portugal e Espanha, com âmbito geográfico mais restrito que o Interreg SUDOE.

PRIMA (Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area) financia projetos de investigação e inovação em água, agricultura e sistemas alimentares na região mediterrânica, incluindo iniciativas com componente agrovoltaica.

LIFE é o programa da União Europeia dedicado a projetos de ambiente, clima e transição energética, podendo enquadrar projetos de demonstração agrovoltaica com foco em sustentabilidade ambiental.



PROJETO AGROSOL

Este capítulo apresenta o projeto AgroSOL e um conjunto de projetos de referência em Portugal e no espaço SUDOE. O objetivo não é fazer um levantamento exaustivo da atividade agrovoltáica, mas dar ao leitor uma **ideia concreta do que já existe e do estado em que se encontra**.

Objetivos

O AgroSOL (S2/2.4/F0226) é um projeto europeu cofinanciado pelo programa Interreg SUDOE que visa **elaborar uma estratégia comum e um plano de ação** para implementar modelos agrovoltáicos adaptados às pequenas e médias explorações agrícolas do espaço SUDOE (Portugal, Espanha e França). O projeto coloca como prioridade a **produção agrícola e o autoconsumo elétrico**, excluindo deliberadamente projetos de grande escala orientados para a venda de energia à rede.

O AgroSOL propõe um método transferível baseado em quatro princípios: primazia da produção agrícola;

critérios mensuráveis de produção significativa;

reversibilidade das instalações;

e controlo contínuo em fase de exploração.

Estes princípios estão alinhados com a definição legal francesa de agrovoltáico (Lei APER, 2023) e podem servir de referência para a futura regulamentação em Portugal e Espanha.

Parceiros e pilotos

O consórcio é composto por dez entidades de Portugal, Espanha e França, liderado pela **ESTIA** (França). A **ADE-NE** é a parceira portuguesa responsável pela componente de comunicação, disseminação e transferência de resultados, e está diretamente envolvida no piloto português.

O projeto inclui cinco instalações-piloto em diferentes contextos climáticos e produtivos do SUDOE. O piloto português localiza-se na Herdade da Mitra, em Évora, propriedade da Universidade de Évora. Trata-se de uma estufa agrovoltáica com cerca de 85 m² de superfície, 9 kWp de potência instalada e produção de hortícolas. Está em fase de **conceção e instalação no âmbito do projeto**, com os primeiros dados de monitorização previstos a partir de 2026.

Calendário e produtos

O projeto decorre entre 2025 e 2028. Para além dos cinco pilotos, o AgroSOL está a desenvolver metodologias de monitorização comuns, guias técnicos e ferramentas de formação para agricultores, técnicos e decisores. Os resultados serão integrados num manual técnico a publicar em 2028, que constituirá o segundo produto desta série de publicações sobre agrovoltáico em Portugal.

PROJETOS EM PORTUGAL

Portugal tem assistido nos últimos anos a um crescimento significativo dos projetos agrovoltaicos, sobretudo projetos-piloto de investigação e demonstração financiados pelo PRR e por programas Interreg. De seguida resumem-se **alguns dos projetos em funcionamento ou recentemente concluídos**.²

AGRIFLEX (Instituto Politécnico de Coimbra, PRR)

Dois pilotos: um em Viseu com estruturas elevadas sobre pomares de frutos pequenos, e outro em Coimbra com integração de painéis fotovoltaicos em estufa para produção de legumes. Foram dos primeiros projetos sistemáticos de demonstração agrovoltaica em Portugal continental.

FRUITPV (COTHN, Alcobaça, PRR)

Instalação concluída com estruturas elevadas sobre uma exploração frutícola em Alcobaça, integrada no Centro de Experimentação Agrária de Alcobaça. Um dos projetos com maior documentação disponível sobre a compatibilidade entre painéis e produção frutícola em Portugal.

AGROVOLTEP (Interreg POCTEP, Évora)

Projeto de cooperação transfronteiriça luso-espanhola com estruturas elevadas sobre hortícolas em Évora.

AgriPV-ISA (GALP, Lisboa)

Instalação de vinha com acompanhamento solar no Instituto Superior de Agronomia, em Lisboa. É o primeiro projeto agrovoltaico sobre vinha em Portugal com seguimento solar e monitorização agronómica sistemática, e constitui uma referência importante para o setor vitivinícola nacional.

Monte do Pasto (Cuba, Beja, PRR)

Instalação de estruturas elevadas sobre áreas de pecuária, financiada com apoio do PRR. É o projeto de referência em Portugal para a aplicação de agrovoltaico em contexto pecuário.

ATE (Universidade de Évora, PRR, em construção)

Projeto da Universidade de Évora com estrutura elevada e estrutura vertical entre fileiras sobre hortícolas e cereais. Previsto para entrar em funcionamento em breve, permitirá comparar diretamente duas tipologias distintas no mesmo contexto agroclimático.



PROJETOS DE REFERÊNCIA NO ESPAÇO SUDOE

O espaço SUDOE dispõe de um número crescente de projetos agrovoltaicos com resultados documentados, nomeadamente em Espanha e em França. Os exemplos seguintes foram selecionados pela sua relevância para o **contexto climático e produtivo do sul da Europa**.



Agrivoltaica San Gabriel (Aranda de Duero, Burgos, Espanha)

Primeiro projeto agrovoltaico com estrutura elevada sobre vinha em Espanha, desenvolvido pela Powerfultree em parceria com o CIFP San Gabriel e a Repsol. Estudou o sombreamento ativo como ferramenta de adaptação climática para a vitivinicultura da Ribeira del Duero. Os módulos são orientados em função das necessidades da planta, com o objetivo de retardar a colheita e otimizar os perfis de açúcares e acidez.

Domaine de Nidolères (Tresserre, Pirenéus Orientais, França)

Projeto de referência em viticultura agrovoltaica dinâmica, desenvolvido pela Sun'Agri. Os painéis são persianas solares móveis controladas por algoritmos, instaladas sobre vinhas biológicas. Os resultados documentam a redução do stress hídrico e térmico, com ganhos de qualidade nos cachos superiores ao verificado na parcela de controlo.

Haute-Marne (França)

Projeto de grande exploração de 270 hectares que utilizou o agrovoltaico para reconverter parcelas de baixo potencial cerealífero em prados permanentes com ovinos. É uma referência importante para a demonstração do agrovoltaico como ferramenta de diversificação e resiliência económica em explorações familiares.

7 Conclusões

O agrovoltaico não é uma solução universal, mas quando bem concebida e integrada nas lógicas agrícolas de cada exploração, pode contribuir para **reduzir custos energéticos, proteger as culturas, melhorar o uso da água e diversificar rendimentos**.

As condições de Portugal, com um dos **maiores índices de irradiação da Europa**, uma agricultura com necessidades crescentes de adaptação climática e um quadro político que reconhece explicitamente o agrovoltaico como instrumento de transição energética, criam um contexto favorável para o desenvolvimento desta solução ¹³.

Esta publicação procurou dar ao agricultor, ao técnico e ao público interessado uma base sólida de conhecimento sobre **o que é o agrovoltaico, como funciona, que tipologias existem, como se licencia, que financiamentos estão disponíveis e que projetos já demonstraram a sua viabilidade em Portugal e no espaço SUDOE**. Não é um manual técnico de implementação, e deliberadamente não o pretende ser.

As decisões de dimensionamento, escolha de equipamentos e configuração de cada projeto dependem de variáveis locais que só podem ser avaliadas caso a caso, com o apoio de técnicos especializados.

O que esta publicação pode afirmar com base na evidência disponível é de que **a combinação de produção agrícola e produção fotovoltaica na mesma parcela é tecnicamente viável numa**

ampla gama de culturas, desde que o sistema seja concebido ao serviço da atividade agrícola e não o contrário. Os benefícios microclimáticos, a redução das necessidades de rega e a proteção contra fenómenos extremos são efeitos recorrentes na literatura científica, com maior consistência em climas quentes e secos como o do Alentejo e do Algarve.

O autoconsumo é a lógica económica dominante para pequenas e médias explorações, e o **dimensionamento do sistema deve partir dos consumos elétricos da exploração, não da área disponível**.

O principal desafio que Portugal enfrenta não é técnico nem económico, mas regulatório. **Portugal já dispõe de uma definição legal de sistema agrovoltaico**, ao abrigo da já referida revisão do Decreto-Lei n.º 15/2022 pelo Decreto-Lei n.º 130/2026 ⁶, mas **continua sem um regime de licenciamento específico e completo**.

Esta lacuna cria incerteza para os agricultores que queiram **avançar com projetos e dificulta o reconhecimento pleno dos benefícios agrícolas** que distinguem o agrovoltaico genuíno das centrais fotovoltaicas convencionais instaladas em solo agrícola.

Em 2028, o projeto AgroSOL publicará resultados experimentais dos cinco pilotos em Portugal, Espanha e França, orientações de dimensionamento e protocolos de monitorização, passando do enquadramento introdutório para as recomendações práticas de implementação.

8 Referências

- ¹ Portugal. Assembleia da República. (2025). Resolução da Assembleia da República n.º 127/2025, de 10 de abril: Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC 2030). Diário da República. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-assembleia-republica/127-2025-946295419>
- ² AgroSOL (2025). Estado da Arte das Explorações Agrovoltáicas na UE, Entregável E1.1.1. Projeto AgroSOL, Interreg SUDOE S2/2.4/F0226.
- ³ ADEME, I Care & Consult, Ceresco, & Cétiac. (2021). Caractéristiques des installations et impacts sur la performance énergétique. ADEME. <https://librairie.ademe.fr/energies/4992-caracteriser-les-projets-photovoltaiques-sur-terrains-agricoles-et-l-agrivoltaisme.html>
- ⁴ SolarPower Europe. (2024). EU Market Outlook for Solar Power 2024-2028. SolarPower Europe. <https://www.solarpowereurope.org/>
- ⁵ REN, Redes Energéticas Nacionais. (2024). Produção de eletricidade renovável em Portugal: Resultados 2024. Lisboa: REN. <https://www.ren.pt/fotos/editor2/renen2024.pdf>
- ⁶ Portugal. Decreto-Lei n.º 130/2026, de 29 de junho. Altera o Decreto-Lei n.º 15/2022, de 14 de janeiro. Diário da República. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/130-2026-1139897687>
- ⁷ Portugal. Governo. (2025, 12 de dezembro). Fundo Ambiental lança aviso para projetos agrofotovoltaicos. Comunicado do XXV Governo Constitucional. <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc25/comunicacao/comunicado?i=ultimo-despacho-do-ano-do-fundo-ambiental-acelera-execucao-de-projetos-prioritarios>
- ⁸ Santos, J. dos (2025). Agrivoltáico: estudo do potencial em Portugal [Dissertação de Mestrado, Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia]. <https://rdpc.uevora.pt/>
- ⁹ Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725-2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>
- ¹⁰ Deboutte, G. (2023, 13 de março). Agrivoltaics for fodder. *PV Magazine International*. <https://www.pv-magazine.com/2023/03/13/agrivoltaics-for-fodder/>
- ¹¹ Barron-Gafford, G. A., Pavao-Zuckerman, M. A., Minor, R. L., Sutter, L. F., Barnett-Moreno, I., Blackett, D. T., Thompson, M., Dimond, K., Gerlak, A. K., Nabhan, G. P., & Macknick, J. E. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands. *Nature Sustainability*, 2(9), 848-855. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>
- ¹² Governo de Portugal. (2020). Resolução do Conselho de Ministros n.º 86/2020, de 13 de outubro: Agenda de Inovação para a Agricultura 2020-2030. Diário da República. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/resolucao-conselho-ministros/86-2020-142923300>
- ¹³ Noctula. (2025, 22 de janeiro). Decreto-Lei n.º 99/2024: Alterações no quadro regulatório aplicável às energias renováveis. <https://noctula.pt/alteracoes-no-quadro-regulatorio-aplicavel-as-energias-renovaveis/>
- ¹⁴ DGEG. (2024). Autoconsumo e CER: Pedido de inscrição e registo. Direção-Geral de Energia e Geologia. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energia-eletrica/producao-de-energia-eletrica/producao-des-centralizada-autoconsumo-e-upp-mp-mn/autoconsumo-e-cer/>
- ¹⁵ Sinambi. (2025, 18 de março). Alterações no quadro regulatório das energias renováveis. <https://sinambi.pt/blog/alteracoes-no-quadro-regulatorio-das-energias-renovaveis/>
- ¹⁶ E-REDES. (2024). Produção de energia para autoconsumo. <https://www.e-redes.pt/en/customers-and-partners/producers/i-want-be-self-consumer>
- ¹⁷ PEPAC no Continente. (2025). Aviso AG PEPACC/Aviso 02/C.2.1.1/2025: Investimento Produtivo Agrícola – Modernização. <https://pepacc.pt/>
- ¹⁸ Portugal. Código do IRS: Artigo 12.º (alínea a) do n.º 11). Diário da República. <https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/lei/2014-70048167>
- ¹⁹ Otovo. (2025). Incentivos para sistemas de painéis solares em Portugal. <https://www.otovo.pt/blog/autoconsumo/incentivos-sistemas-de-paineis-solares/>

Interreg
Sudoe



Co-funded by
the European Union

AgroSOL

AgroSOL

AGROVOLTAICO EM PORTUGAL



Autores

ADENE - Agência para a Energia

João Alpalhão
José Campos

Apoio

Consórcio AgroSOL

ADENE - Agência para a Energia

Joana Fernandes
Paulo Nogueira
Unidade de Comunicação e Marketing

Universidade de Évora | SOL4R

José Silva