

ESTRATÉGIA SMART GREEN WATER PARA FOMENTAR A DIGITALIZAÇÃO DA REGA NA AGRICULTURA NO TERRITÓRIO SUDOE (SUDOESTE DA FRANÇA E PENÍNSULA IBÉRICA)



Abril de 2026

ÍNDICE

1. OBJETIVO PRINCIPAL DA ESTRATÉGIA SMART GREEN WATER	5
2. METODOLOGIA UTILIZADA	7
3. DEFINIÇÃO DE DIGITALIZAÇÃO DA REGA	9
4. DIAGNÓSTICO PRÉVIO	12
4.1. Diagnóstico territorial	12
4.1.1. França	12
4.1.2. Espanha	13
4.1.3. Portugal	15
4.2. Estudo de soluções para a agricultura de regadio	16
4.2.1. Níveis de tecnicidade na digitalização da rega	16
4.2.2. Soluções digitais para a rega	17
5. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FATORES PARA A DIGITALIZAÇÃO DA REGA	22
5.1. Análise PESTEL	22
5.2. Análise SWOT (FOFA)	24
5.2.1. Fraquezas	24
5.2.2. Ameaças	25
5.2.3. Forças	26
5.2.4. Oportunidades	26
6. CAMINHO E CENÁRIOS PARA A DIGITALIZAÇÃO DA REGA	28
6.1. Estratégia de digitalização de acordo com os cenários	28
6.2. Etapas da digitalização da rega	30
6.2.1. Promoção da digitalização da agricultura de regadio	30
6.2.2. Projeto de digitalização	32
6.2.3. Digitalização ou gestão da água baseada em dados	34
6.3. Exemplos de casos de sucesso e aprendizagem	35
6.3.1. Caso de sucesso. A zona de rega do Baix Ter (Catalunha)	35
6.3.2. Caso de sucesso. Projeto A3P (Antecipação, Planeamento e Gestão da captação de água para a agricultura), na região da Nova Aquitânia, França	37
6.3.3. Caso de sucesso. Intervenção Uso Eficiente da Água (UEA) em Portugal	37
6.3.4. Caso de aprendizagem. A digitalização produz dados 24 horas por dia, 7 dias por semana	37
7. PLANOS DE AÇÃO	39
7.1. Fase 1. Atualizar o diagnóstico territorial	39
7.2. Fase 2. Definição de ações por objetivos	40
7.3. Fase 3: Acompanhamento e avaliação dos resultados	42
7.3.1. Sistema de monitorização	42
7.3.2. Indicadores-chave	42
7.3.3. Avaliação dos resultados	44
8. A ESTRATÉGIA RIS3 PARA A DIVULGAÇÃO DAS TECNOLOGIAS	45
9. EQUIPA DE REDTORA	47
10. MATERIAL CONSULTADO	48
11. ANEXOS À ESTRATÉGIA	50
11.1. Anexo I. Antecedentes	50
11.2. Anexo II. Projetos Interreg Sudoe relacionados com a água	50
11.3. Anexo III. Atualização das superfícies irrigáveis e regadas, de acordo com o Eurostat (26/09/2025).	51
11.4. Anexo IV. Adaptação e atualização dos programas de ensino	52
11.5. Anexo V. Painel Europeu da Inovação (2025)	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Futuro stress hídrico de referência (concorrência pelos recursos hídricos) no arco mediterrânico até 2050, de acordo com o cenário (SSP3 RCP7.0). Atlas de Risco Hídrico da <i>Aqueduct</i> . Fonte: Instituto dos Recursos Mundiais (2024) [4] (Figura da Estratégia de reutilização da água regenerada)	5
Figura 2. Parceiros do Projeto Smart Green Water.....	7
Figura 3. Associados do Projeto Smart Green Water.....	8
Figura 4. Distribuição das superfícies irrigáveis em França (2020). Fonte: <i>Agreste – Recensement Agricole 2020</i>	12
Figura 5. Superfície irrigável e regiões agrícolas, 2023. Fonte: Observatório da Sustentabilidade do regadio	13
Figura 6. Distribuição da superfície irrigável e dos diferentes sistemas de rega a nível de parcela. Elaboração própria com base em dados do ESYRCE (Inquérito sobre a Área e Rendimentos dos Culturas. Análise dos Regadios em Espanha do ano de 2022)	14
Figura 7. Variabilidade da rega em Espanha, diapositivo partilhado por Ignasi Servià na apresentação “A digitalização da rega em Espanha, num cenário de crise climática”, em Múrcia (27/1/2025).....	15
Figura 8. Superfície agrícola utilizada (SAU) em Portugal. Fonte: INE, I.P.....	15
Figura 9. Fatores a considerar numa análise PESTEL. Fonte: Web PESTELAnalysis.com.....	22
Figura 10. Fatores da Análise SWOT (FOFA) para a digitalização da rega no território Sudoe.....	24
Figura 11. Diferentes cenários no caminho para a digitalização da rega.....	29
Figura 12. Distribuição dos apoios das duas chamadas para candidaturas do PERTE de regadios por região autónoma da Espanha e a sua relação com a superfície irrigável por região autónoma. Fonte: Elaboração própria.	33
Figura 13. Distribuição dos apoios da segunda chamada para candidaturas do PERTE de Digitalização da Rega (Resolução Provisória de 17/10/2025). Fonte: Elaboração própria.	34
Figura 14. Síntese gráfica de cinco pontos característicos da zona de rega da região do Baix Ter	36
Figura 15. Categorização dos parceiros e associados do projeto Smart Green Water	45
Figura 16. Painel Europeu da Inovação no território Sudoe para o ano de 2025	53

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Data da realização da videoconferência (VC) e da receção de informações dos associados do projeto Smart Green Water. Foram realizadas solicitudes junto de todos os associados	8
Tabela 2. Identificação de barreiras e <i>drivers</i> (impulsionadores) para a digitalização da agricultura de regadio no território Sudoe, de acordo com a metodologia PESTEL.....	23
Tabela 3. Cenários no caminho para digitalização da rega (Fonte: elaboração própria).....	29
Tabela 4. Lista de fatores que podem influenciar a fase de promoção da digitalização da agricultura de regadio em função do tipo de regantes.....	30
Tabela 5. Proposta de objetivos e indicadores para a fase de promoção da digitalização da rega	39
Tabela 6. Estrutura de definição de objetivos para categorizar as diferentes ações, adaptada do III Plano de Ação para a Digitalização (2024-2026) do MAPA (Ministério da Agricultura, Pesca e Alimentação) da Espanha.....	41
Tabela 11. Série histórica da superfície Irrigável e regada dos diferentes países do território Sudoe (Eurostat 26/09/2025)	51
Tabela 12. Série histórica da superfície irrigável e regada dos diferentes países do território Sudoe (Eurostat 26/09/2025) (continuação)	52

1. OBJETIVO PRINCIPAL DA ESTRATÉGIA SMART GREEN WATER

O **Smart Green Water** é um projeto financiado pelo programa europeu **Interreg Sudoe**, que abrange a Península Ibérica e o sudoeste da França. O principal objetivo deste projeto, composto por 9 parceiros e com duração entre 2024 e 2026, é acelerar a digitalização da rega para promover a poupança de água nesse território. Para tal, o Smart Green Water leva a cabo uma série de **ações-piloto** centradas na formação, na sensibilização e na transferência de soluções inovadoras. Além disso, propõe-se uma **Estratégia transnacional** que promova o desenvolvimento, a implementação e a divulgação de soluções integradas para satisfazer as necessidades de uma agricultura sustentável, inteligente e digital, em aplicação das prioridades regionais S3.

A **Estratégia Smart Green Water** surge como resposta a um desafio crítico e crescente para o território Sudoe: o **impacto das alterações climáticas** sob a forma de **secas cada vez mais intensas e frequentes na agricultura** (ver Figura 1).

As alterações climáticas estão a intensificar a variabilidade dos fenómenos hidrometeorológicos, provocando não só um aumento na frequência e intensidade das secas, mas também episódios mais recorrentes de precipitações extremas e inundações, bem como mudanças bruscas de temperatura. A longo prazo, observa-se uma tendência para uma maior incidência e gravidade das secas, o que altera os padrões de precipitação e reduz a disponibilidade de água, ao mesmo tempo que aumenta as necessidades hídricas das culturas agrícolas. Estes fatores, aliados a aumentos da procura ou a novos utilizadores de água, estão a tornar a água um recurso escasso, com uma pressão significativa sobre os sistemas de rega, um dos mais dependentes dos recursos hídricos.

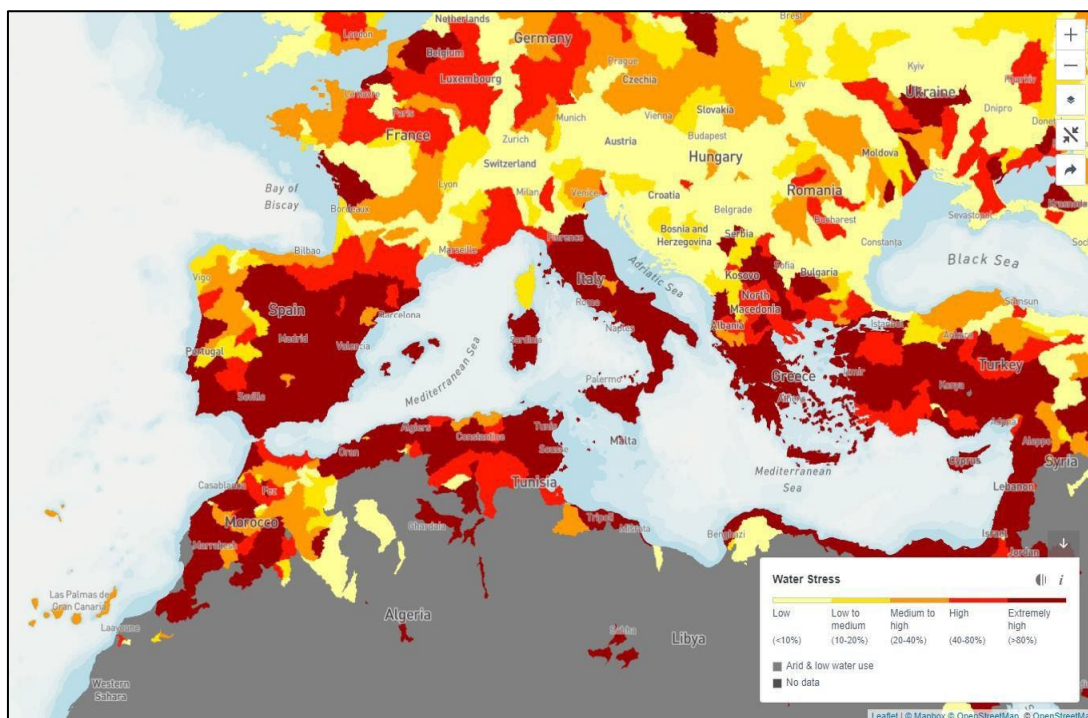


Figura 1. Futuro stress hídrico de referência (concorrência pelos recursos hídricos) no arco mediterrânico até 2050, de acordo com o cenário (SSP3 RCP7.0). Atlas de Risco Hídrico da Aqueduct. Fonte: Instituto dos Recursos Mundiais (2024) [4] (Figura da Estratégia de reutilização da água regenerada).

Além disso, está a registar-se um aumento da procura de água noutros setores. No âmbito urbano, o **crescimento da população e de determinadas atividades industriais** em áreas específicas do território Sudoe está a aumentar a **concorrência pelo recurso**. A isto somam-se novos usos emergentes da água, como a produção de hidrogénio verde ou a refrigeração de centros de dados (*Datacenters*), que introduzem novas tensões nos balanços hídricos regionais.

Perante este contexto, torna-se imprescindível avançar para uma **utilização mais eficiente e sustentável da água**, especialmente na agricultura. Entre os fatores-chave que permitem melhorar a eficiência hídrica destacam-se a **modernização dos sistemas de rega** e, de forma crescente, a **digitalização dos sistemas de gestão da água** através de ferramentas tecnológicas avançadas.

Neste quadro, a **Estratégia Smart Green Water** concebe-se como um documento de referência para **inspirar e orientar as Administrações Públicas do território Sudoe** na incorporação da digitalização da rega agrícola nas suas políticas e estratégias de adaptação às alterações climáticas. A Estratégia visa, além disso, melhorar a resiliência do setor agrícola, fomentar a colaboração inter-regional aproveitando as experiências existentes em Espanha, Portugal e no sul de França, e fortalecer o tecido socioeconómico rural através da inovação, da formação e do acesso a soluções digitais úteis e aplicáveis.

2. METODOLOGIA UTILIZADA

Para a elaboração deste documento, foi consultado o diagnóstico territorial redigido para o Protótipo da Estratégia transnacional Smart Green Water (ver o ponto 11.1 do Anexo I. Antecedentes), foram realizadas entrevistas aos diferentes parceiros e associados do projeto (ver Figura 2) e foi aproveitada a experiência em digitalização da rega da equipa redatora (ver ponto 9. EQUIPA REDATORA).



Figura 2. Parceiros do Projeto Smart Green Water.

Por outro lado, foram consultados os resultados produzidos no projeto durante os últimos meses e foram realizadas entrevistas aos 16 associados do projeto (ver Figura 3 e Tabela 1 para mais informações).



Figura 3. Associados do Projeto Smart Green Water.

É de salientar que os contributos dos diferentes associados do Projeto Smart Green Water foram heterogêneos. Em alguns casos, verificaram-se mudanças nas pessoas responsáveis pelas entidades; noutros casos, porque alguns dos parceiros não tinham relação direta com a digitalização da rega. Foram realizadas até três tentativas para tentar obter um feedback de qualidade de todos os associados.

Tabela 1. Data da realização da videoconferência (VC) e da receção de informação dos associados do projeto Smart Green Water. Foram realizadas solicitudes junto de todos os associados.

Entidade	País	VC	Documento
Federación Nacional de Comunidades de Regantes de España (FENACORE)	Espanha	13/06/2025	-
Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. (APA)	Portugal	13/06/2025	-
Associação Catalã para a Inovação e a Internacionalização do Setor da Água (Catalan Water Partnership - CWP)	Espanha	17/06/2025	-
Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Subdirección General de Regadíos, Caminos Naturales	Espanha	18/06/2025	-
Aigües del Segarra Garrigues S.A.	Espanha	19/06/2025	-
Associació d'Iniciatives Rurals de Catalunya (ARCA)	Espanha	23/06/2025	-
Instituto iMdea Agua	Espanha	23/06/2025	23/06/2025
Associació Leader de Ponent	Espanha	07/07/2025	-
Pole Aquavalley	França	-	10/06/2025
Agrupamento Europeu de Cooperação Territorial Galiza-Norte de Portugal	Espanha	-	20/06/2025
Agence de Développement Economique d'Occitanie AD'OCC	França	-	24/06/2025
Associació per al Desenvolupament Rural Integral de la zona Nord-Oriental de Catalunya (ADRINOC)	Espanha	-	-
Dirección General de Innovación Govern de les Illes Balears	Espanha	-	-
Fundació Girona Regió del Coneixement	Espanha	-	-
Diputació (Câmara Provincial) de Lleida	Espanha	-	-
Entidad Pública Empresarial Augas de Galicia	Espanha	-	-

Fonte: Elaboração própria.

3. DEFINIÇÃO DE DIGITALIZAÇÃO DA REGA

A **digitalização da rega** consiste na utilização das tecnologias digitais disponíveis (sensores e ativos digitais) para recolher, processar e analisar dados temporais e espaciais que ajudem na tomada de decisões para melhorar a gestão do binómio água-energia, tendo em conta a variabilidade do recurso hídrico e do continuum solo-planta-atmosfera. Estas ferramentas devem melhorar e otimizar a eficiência na utilização dos recursos, a produtividade, a qualidade, a rentabilidade e/ou a sustentabilidade da produção agrícola.

A Associação Internacional da Agricultura de Precisão (ispag.org) define: “A agricultura de precisão é uma estratégia de gestão que reúne, processa e analisa dados temporais, espaciais e individuais e os combina com outras informações para apoiar as decisões de gestão de acordo com a variabilidade estimada, e assim melhorar a eficiência no uso dos recursos, a produtividade, a qualidade, a rentabilidade e a sustentabilidade da produção agrícola”. Considera-se que a digitalização da rega é apenas uma parte da agricultura de precisão, mas tem várias características em comum com esta. Na definição são apresentadas uma série de características que devem ser lembradas quando se fala de digitalização da rega:

- ✓ **Recolher, processar e analisar diferentes tipos de dados.** A digitalização começa com a produção e recolha de um dado de forma contínua no espaço-tempo. Deve-se extrair valor a todos os dados produzidos, e não se limitar a dados básicos (dois dados por campanha de rega, por exemplo).
- ✓ **Gerir a variabilidade.** Tanto do recurso hídrico, como do continuum solo-planta-atmosfera.
- ✓ **Passar da geração de dados para o conhecimento:**
 - Os **dados** são apenas números sem contexto.
 - A **informação** é um dado com contexto.
 - O **Conhecimento** é a ligação da informação a uma intenção.
- ✓ **Dados de qualidade** ajudam a tomar **melhores decisões**. Fazendo uma analogia com a agricultura de precisão, é necessário avançar nas 3 etapas.
 - Geração de um dado (medição com sensores)
 - Definição da prescrição.
 - Aplicação da prescrição.
- ✓ Procura-se **melhorar e otimizar o uso do recurso, a produtividade, a qualidade, a rentabilidade e a sustentabilidade** da produção agrícola, bem como a redução de custos.
- ✓ Impulsionar **a modernização dos sistemas de rega** para substituir as regas tradicionais pelas regas sob pressão, que facilitem a digitalização, a fim de melhorar a gestão da rega e fazer um uso mais eficiente da água.

Fazer uma estimativa dos benefícios económicos da digitalização é um exercício que exige, em primeiro lugar, conhecer qual é o custo da água nos diferentes territórios e, sobretudo, quais são as produções/qualidades obtidas das diferentes culturas agrícolas. As culturas de elevado valor acrescentado têm uma maior capacidade de digitalização. ~~sendo este o exemplo da uva para vinificação.~~

A gestão da água na agricultura organiza-se em três níveis:

1. **Entidades administradoras da bacia hidrográfica**, onde se realizam comissões de gestão do escoamento e a gestão das diferentes massas de água.
2. **Coletivo de Comunidades de Utilizadores** (CR: Comunidades de Regantes; ou CUAS: Comunidades de Utilizadores de Águas Subterrâneas). Nos grandes sistemas de rega de Espanha existem as chamadas Comunidades Gerais, e também Coletividades ou Comunidades de Base. Em França, existem Associações de Regantes (Lei de 1901) e Entidades Únicas de Gestão Coletiva (OUGC). Em Portugal, existem as associações de regantes ou beneficiários de direitos públicos.
3. **Exploração individual**. A este nível aplicam-se todas as estratégias de definição de dotações de rega.

Existem diferentes inputs na agricultura de regadio (energia, fertilizantes, produtos fitofarmacêuticos, herbicidas, sementes, combustível, etc.). Destes, apenas serão tidos em conta aqueles que tenham uma relação direta com as práticas de rega, como, por exemplo, a energia utilizada para o bombeamento ou a fertirrigação que é normalmente aplicada através dos sistemas de rega.

Tal como consta no documento de caracterização das ferramentas digitais de apoio à rega do projeto Smart Green Water, existem mais de uma centena de ferramentas para facilitar a digitalização e a tomada de decisões em matéria de rega orientadas para o setor agrícola do território Sudoe. Estas ferramentas digitais (tecnologias disponíveis, ações de melhoria, etc.) podem ser classificadas, de acordo com a proposta deste trabalho, nas seguintes categorias:

1. **Visualizar/partilhar informação associada à gestão das massas de água**. O Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos – SNIRH e as Entidades administradoras das bacias hidrográficas dispõem de informação sobre reservas de massas de água, caudais nos rios, dados meteorológicos, sistemas de rega, dados sobre a qualidade da água, etc.
2. **Gestão de comunidades de utilizadores**. A gestão coletiva da água na agricultura deve basear-se numa gestão transparente e precisa deste recurso. Para tal, é importante manter atualizados os membros da comunidade, a informação sobre o parcelamento, as entradas/saídas e processos, as assembleias, as infraestruturas, as quotas de rega, a monitorização das infraestruturas e da qualidade da água de rega, etc.
3. **Conceber/otimizar/monitorizar redes de rega**. Através de GIS, BIM, EPANET, Sigopram, telecontrolo, telemedição, SCADA, medidores de caudais, contadores, sensores de pressão, sensores de nível, comportas para regulação dinâmica em canais, piezómetros, etc. O objetivo fundamental é aprofundar o conhecimento real sobre a contabilidade da água e do funcionamento da rede de rega.
4. **Monitorizar a qualidade da água de rega**. Existe cada vez mais uma área de rega com recursos hídricos não convencionais (como a água para reutilização, também chamada de água regenerada, ou a água dessalinizada), cujo acompanhamento em tempo real é recomendado, tal como preconiza o RD 1085/2024 sobre a reutilização da água.
5. **Monitorizar com sensores do continuum solo-planta-atmosfera**: estações meteorológicas, sensores que fornecem o teor volumétrico de água no solo, sensores que medem o potencial de água no solo, e sensores das plantas.
6. **Monitorizar com sensores remotos do continuum solo-planta-atmosfera**: teledeteção a partir de imagens de satélite, aeronaves tripuladas ou drones para o acompanhamento da

variabilidade de diferentes índices de vegetação ou teores de humidade.

7. **Plataformas digitais** que oferecem ferramentas adaptadas a cada cultura para otimizar as necessidades de água e acompanhar o ciclo da cultura.
8. **Definir gémeos digitais e sistemas de apoio à tomada de decisão:** modelos virtuais que simulam e otimizam a rega a partir de informações de diferentes tipos de sensores.
9. **Otimizar a gestão energética associada à rega**, bem como os diferentes inputs diretamente relacionados com a rega, por exemplo, a fertirrigação.
10. **Monitorizar indicadores para acompanhar a sustentabilidade ambiental da rega:** controlo dos retornos (quantidade e qualidade da água), estimativa da pegada hídrica ou de carbono, etc.
11. **Dar formação técnica às explorações, às comunidades de regantes e à administração**, para melhorar a utilização da tecnologia (plataformas para partilha de conhecimento, classificação das tecnologias existentes, etc.).
12. **Transmitir/comunicar a transformação digital da rega.** É importante comunicar as novidades tecnológicas aos diferentes agentes do setor da rega e à sociedade através de diversos canais: páginas da internet, webinars, newsletters, redes sociais e profissionais.
13. **Criar catálogos de fornecedores de serviços** (software, hardware) relacionados com a digitalização de redes de rega e/ou sistemas de rega em parcelas ou localizada.

4. DIAGNÓSTICO PRÉVIO

4.1. Diagnóstico territorial

Entre os meses de março e setembro de 2024, o consórcio Smart Green Water realizou um diagnóstico territorial sobre a agricultura no Sudoeste da Europa, no qual participaram diferentes parceiros do projeto, elaborando um resumo por país: o IRTA para a Espanha, o ASOI para a França e o COTR para Portugal. No total, foram entrevistadas 82 pessoas em França, Espanha e Portugal.

Na secção de anexos é apresentada a evolução da superfície irrigável dos países do Sudoeste, de acordo com a publicação do Eurostat de 26 de setembro de 2025.

As conclusões que se podem extrair deste diagnóstico territorial são as seguintes:

4.1.1. França

O diagnóstico territorial em França revela que as captações de água para a atividade agrícola atingem aproximadamente 3.300 - 3.400 hm³/ano, representando 11% das captações totais de água doce em França (incluindo centrais nucleares). Se se considerar a água efetivamente consumida (não devolvida), a agricultura representa entre 58% e 62% do consumo total em França. A superfície agrícola utilizada (SAU) é maioritariamente ocupada por agricultura de sequeiro, embora a rega se tenha generalizado, especialmente na cultura da vinha no sul do país.

As regiões da Occitânia e da Nova Aquitânia são as mais proeminentes no que diz respeito à rega francesa, representando quase 30% da superfície agrícola utilizada e beneficiando de condições climáticas que favorecem a diversidade agrícola, com uma menor produção de milho e um maior recurso a culturas de alto valor, como frutas, hortaliças ou vinhas. Apesar disso, existe uma forte dependência das redes de rega coletivas e dificuldades na gestão da água em episódios de seca.

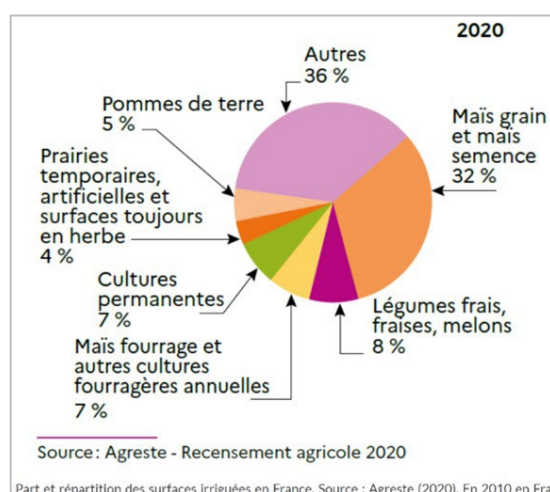


Figura 4. Distribuição das superfícies irrigáveis em França (2020). Fonte: Agreste – Recensement Agricole 2020

A evolução das condições climáticas, com um aumento dos episódios de secas, levou a um incremento de 23% na área irrigável entre 2010 e 2020 (2,8 milhões de hectares), indicando um interesse crescente na modernização. No entanto, é necessário adaptar as práticas agrícolas e os itinerários técnicos para otimizar o uso da água e reduzir a perda de nutrientes, cruciais para a sustentabilidade ambiental. A situação varia consideravelmente consoante o tipo de cultura, o que requer uma abordagem personalizada na implementação de tecnologias digitais.

As regiões do sudoeste de França contam com uma vasta gama de intervenientes especializados em rega (Inrae, Institut Agro, UMR Eau, IFV, ARVALIS, CTIFL, Fruition Science, ITK, CACG, entre outros) que têm liderado diversos projetos de inovação, como o IRRI-ALT'EAU, que reutiliza águas residuais tratadas para a rega de vinhas, e o projeto Tai-Oc (CACG), que promove a transição agroecológica e a rega na região da Occitânia.

4.1.2. Espanha

Em Espanha, o diagnóstico destaca a importância da rega na agricultura. Segundo dados partilhados pelo Ministério da Agricultura, a superfície de regadio representa 22 % da superfície cultivada, mas acumula 71 % do valor da produção nacional.

As culturas de regadio constituem uma parte significativa do total das terras cultivadas (ver Figura 5), com infraestruturas de rega bem desenvolvidas em várias regiões: Andaluzia, Aragão, Múrcia, Castela e Leão, Castela-La Mancha, Comunidade Valenciana, Extremadura e Catalunha. Os inquéritos realizados no âmbito do projeto indicam que as ferramentas digitais estão a ser cada vez mais utilizadas na gestão da água na agricultura, embora a sua adoção varie entre as comunidades de regantes, agricultores e consultores de rega.

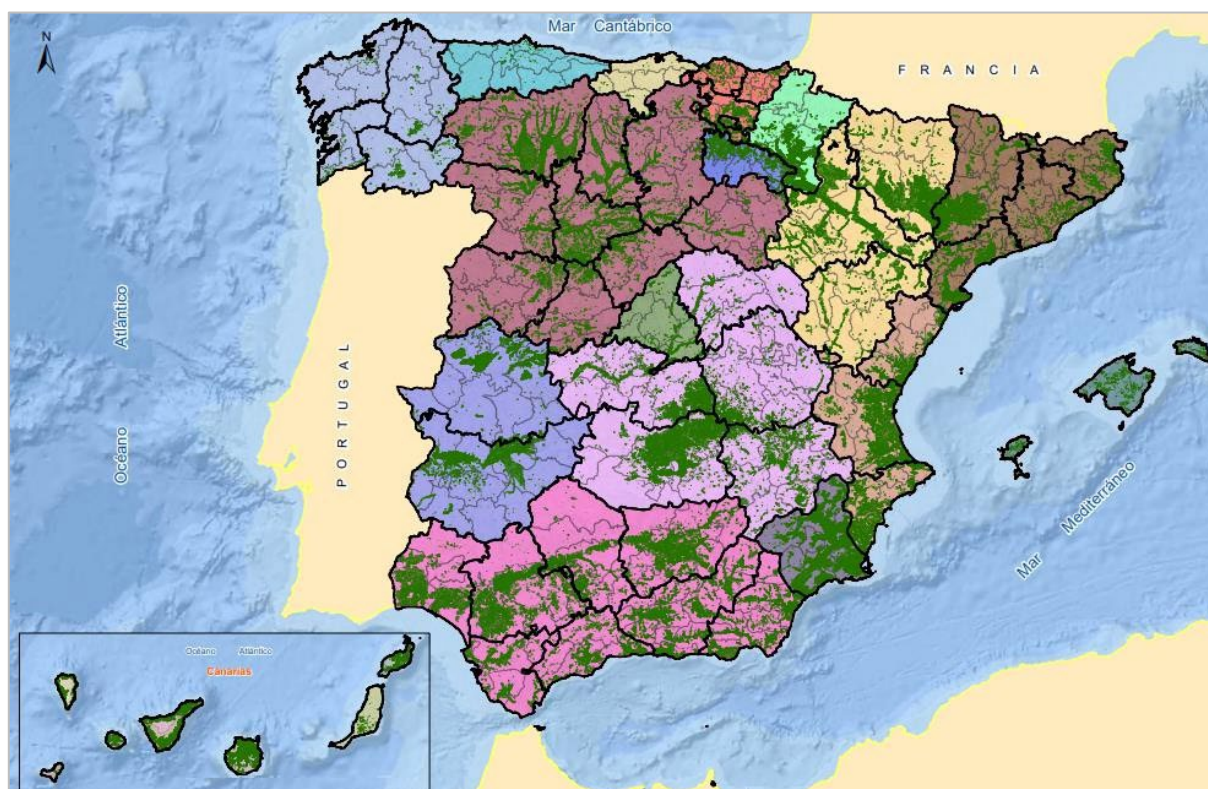


Figura 5. Superfície irrigável e regiões agrícolas, 2023. Fonte: Observatório da Sustentabilidade do Regadio.

Os investimentos na modernização da rega são atualmente significativos em Espanha, com um investimento de 2.500 milhões de euros até 2027 e com um enfoque em sistemas de rega mais eficientes e na automatização/digitalização da rega. A utilização de tecnologias como sensores de humidade do solo, drones para monitorização de culturas e plataformas de gestão de dados está a aumentar, facilitando uma gestão mais precisa e eficiente da água. São mencionados projetos-chave como o Observatório da Água e a plataforma NABIA, que integram dados sobre o estado ecológico, químico e quantitativo das massas de água continentais. A variabilidade climática é um desafio significativo que afeta a disponibilidade de água

para rega. Em resposta a isso, foram implementadas políticas e regulamentações para melhorar a eficiência do uso da água em Espanha, entre as quais se destacam a Diretiva-Quadro da Água, os Planos Hidrológicos de Bacia, o Plano Nacional de Regadios ou o Plano de Recuperação, Transformação e Resiliência. No âmbito da governação, reforça-se o papel das Comunidades de Regantes e de outras comunidades de utilizadores como atores-chave na gestão coletiva dos recursos hídricos.

A Figura 6 apresenta a superfície irrigável em Espanha por províncias e a sua distribuição por sistemas de rega a nível de parcela. Como se pode verificar, existe uma tendência para haver sistemas de rega no sul da península, enquanto no norte se verifica um aumento da presença de rega por aspersão/pivot, e há superfícies pendentes de modernização.

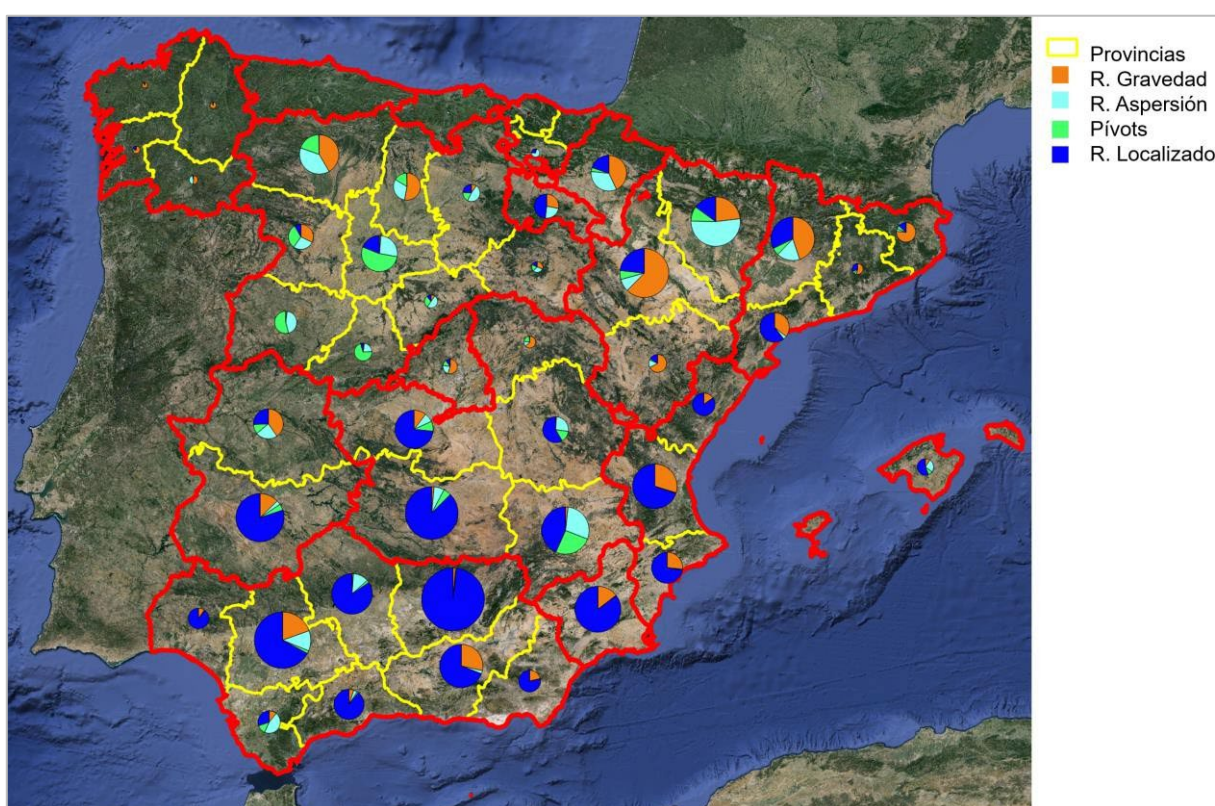


Figura 6. Distribuição da superfície irrigável e dos diferentes sistemas de rega a nível de parcela. Elaboração própria a partir de dados do ESYRCE (Inquérito sobre Superfície e Rendimentos dos Cultivados. Análise das Regadios em Espanha do ano de 2022).

Na Figura 7 é apresentada uma imagem que sintetiza a grande variabilidade da rega em Espanha. A variabilidade das culturas deve-se à variabilidade das dotações e ao custo da água. Existe também uma variabilidade significativa nas entidades que gerem a água. Todas estas variáveis condicionam a digitalização da rega, tanto ao nível das comunidades de utilizadores como ao nível da exploração.



Figura 7. Variabilidade da Rega em Espanha, diapositivo partilhado por Ignasi Servià na apresentação "A digitalização da Rega em Espanha, num cenário de crise climática", em Múrcia (27/1/2025).

4.1.3. Portugal

O diagnóstico em Portugal centra-se na região do Alentejo (ver Figura 8), onde as principais culturas incluem olival, amendoal, vinhas e cereais. A superfície agrícola irrigada é de aproximadamente

218 821 hectares, representando 10% do total agrícola. A região enfrenta desafios devido à variabilidade da precipitação, o que afeta a disponibilidade de água para rega.

A região do Alentejo abrange um terço do território do país e nela concentra-se aproximadamente 37% da superfície irrigável de Portugal. As culturas permanentes, que constituem 65% da superfície irrigável no Alentejo, incluem o olival, frutos de casca rija e a vinha, enquanto as culturas temporárias são principalmente cereais e prados. Muitas explorações agrícolas utilizam múltiplas plataformas digitais que não comunicam eficazmente entre si, o que se traduz em dados fragmentados e práticas de gestão ineficazes.

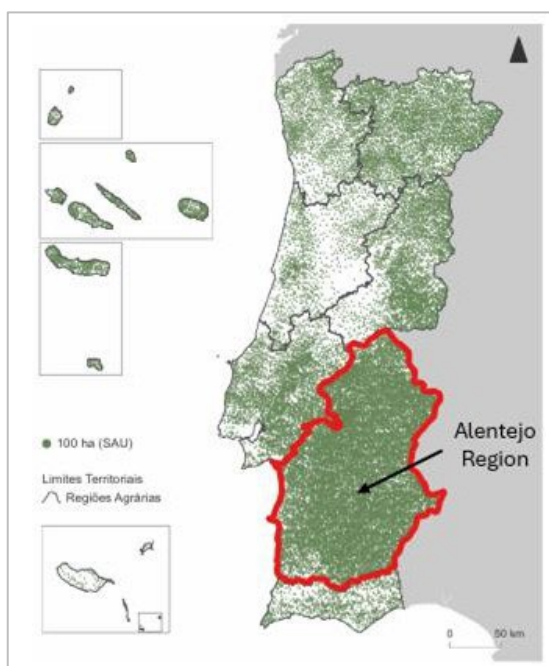


Figura 8. Superfície agrícola utilizada (SAU) em Portugal.
Fonte: INE, I.P.

O diagnóstico refere que em Portugal tem havido projetos relacionados com a rega de precisão e o desenvolvimento de tecnologias de precisão em sistemas de Aplicação de Taxa Variável (VRI), como o [projeto HubIS «Open innovation Hub for Irrigation Systems in Mediterranean agriculture» \(2020-2023\)](#) e o [SmartAgriHubs FIE 22 – Suporting to irrigation decisions using usable IT tools \(2019-2021\)](#). Além disso, destaca-se a colaboração entre entidades públicas e associações agrícolas para prestar aconselhamento técnico e apoiar a integração de plataformas digitais que otimizam a utilização da água.

Em suma, os diagnósticos territoriais prévios em França, Espanha e Portugal revelam uma grande heterogeneidade na gestão da rega na agricultura, com desafios e oportunidades específicos em cada país e em cada comunidade de utilizadores. A França enfrenta a necessidade de modernizar as suas práticas agrícolas em resposta à crescente variabilidade climática, enquanto a Espanha está a avançar na modernização e na adoção de tecnologias digitais para melhorar a eficiência da rega. Portugal, por sua vez, deve ultrapassar a fragmentação de dados e melhorar a comunicação entre as plataformas digitais utilizadas na agricultura.

A implementação de tecnologias inteligentes e a cooperação transnacional são fundamentais para fomentar uma gestão da rega mais eficiente e sustentável em todo o território Sudoe. A Estratégia deve ser flexível e adaptar-se às condições específicas de cada região, promovendo a inovação e a digitalização no setor agrícola.

4.2. Estudo de soluções para a agricultura de regadio

Nesta secção, é apresentada uma visão estruturada das principais soluções digitais aplicadas à rega na agricultura, incluindo os diferentes níveis de tecnicidade na digitalização da rega e uma tipologia das tecnologias disponíveis no mercado. São descritos os sistemas de automatização, monitorização e gestão da rega, bem como os sensores remotos e de campo e as plataformas de previsão e apoio à decisão, com o objetivo de caracterizar o estado atual da digitalização da rega e o seu potencial para melhorar a eficiência na utilização da água e a sustentabilidade do setor agrícola.

4.2.1. Níveis de tecnicidade na digitalização da rega

A seguir, descrevem-se os diferentes níveis de tecnicidade na digitalização da rega na agricultura. Destaca-se a importância de uma gestão da rega baseada em dados para supervisionar e otimizar o funcionamento das instalações. A utilização de tecnologias digitais e de telecomunicações permite gerir a rega de forma remota, melhorar a interação com o utilizador e facilitar uma tomada de decisões apoiada em informação objetiva.

- **Nível 1: Programação da rega:** A programação da rega consiste na automatização do calendário e das dotações de rega. Os programadores de rega permitem aos agricultores gerir o início e o fim de cada ciclo de rega, ajustando a quantidade de água e fertilizantes aplicados às culturas. Estes dispositivos eletrónicos podem ser controlados manualmente ou à distância através de plataformas online ou aplicações móveis, o que facilita uma melhor interação com o utilizador e uma gestão baseada em dados.
- **Nível 2: Monitorização:** A monitorização do sistema de rega centra-se na supervisão do bom funcionamento da instalação, detetando avarias e ajustando a programação da rega de acordo com as condições meteorológicas e o desenvolvimento da cultura. Utiliza sensores instalados no campo que, normalmente, estão ligados a plataformas online, facilitando o acesso, a visualização, o download e o processamento de dados pelo utilizador.

- **Nível 3: Rega de precisão:** A rega de precisão integra a informação dos sistemas de monitorização e o conhecimento do sistema solo-planta-atmosfera para aplicar a quantidade de água estritamente necessária. Este nível reduz os fluxos de retorno de água por escoamento superficial e percolação, melhorando a eficiência da rega. Permite uma aplicação precisa de água, adaptando-se às necessidades da cultura em cada fase.
- **Nível 4: Sistemas de rega inteligentes:** Os sistemas de rega inteligente analisam automaticamente as informações de vários sensores para decidir quando e quanto regar. Incorporam modelos preditivos baseados em registos históricos, adaptando-se às condições ambientais e a outros fatores, como os energéticos. Estes sistemas ajudam os agricultores a utilizar eficientemente os recursos hídricos, garantindo uma aplicação ótima da água ao longo da campanha de rega, e até mesmo realizando simulações, através de gémeos digitais, de diferentes cenários para otimizar tanto a utilização dos recursos como a produção.

4.2.2. Soluções digitais para a rega

Atualmente, existem várias empresas que oferecem soluções digitais orientadas para a rega na agricultura. Uma ferramenta de destaque para localizar estas empresas é o [Digimapa](#), um motor de busca disponível na plataforma Tierra do Ministério da Agricultura do Governo de Espanha. Esta ferramenta permite identificar empresas *agrotech* (agrotecnológicas) especializadas em tecnologias de rega, facilitando o acesso a informações detalhadas sobre produtos e serviços disponíveis no mercado. É especialmente útil para profissionais do setor agrícola que procuram implementar soluções inovadoras e eficientes nas suas explorações. No caso francês, destaca-se a plataforma participativa [Wiki Agri Tech](#), que reúne quase 2.000 soluções digitais para a agricultura em geral e está previsto que esteja disponível em vários idiomas.

No que diz respeito às soluções digitais existentes para a rega na agricultura, estas podem ser divididas em quatro categorias: Sistemas de rega automatizados, Sensores remotos, Sensores de proximidade e Sistemas de gestão e previsão da rega.

A. Sistemas de rega automatizada

Os sistemas de rega automatizada constituem uma solução tecnológica avançada que integra dispositivos eletrónicos e sensores para gerir de forma eficiente a distribuição de água e fertilizantes nas explorações agrícolas. Estes sistemas permitem uma gestão precisa dos recursos hídricos, favorecendo a sustentabilidade e a produtividade através da aplicação de princípios de agricultura de precisão.

O componente central destes sistemas é o **programador de rega**, um dispositivo eletrónico que regula o funcionamento dos elementos hidráulicos do cabeçal de rega. Este cabeçal é composto por válvulas, bombas, depósitos de fertilizantes e doseadoras, todos coordenados pelo programador. A sua função principal é executar os planos de rega e fertirrigação definidos pelo agricultor, ativando os diferentes mecanismos nos momentos programados e nas quantidades necessárias.

A sofisticação do programador pode variar em função do tipo de cultura, da dimensão da exploração e do grau de tecnicidade do sistema. Em explorações com rega sob pressão, este dispositivo é indispensável para garantir uma distribuição homogénea da água e dos nutrientes. Os utilizadores configuram parâmetros necessários, como a hora de início da rega, a duração e a dose de fertilizante a aplicar, ajustando estes valores ao longo da campanha em função das condições climáticas e do estado fenológico da cultura.

Uma característica destacada destes sistemas é a sua capacidade de resposta autónoma aos dados fornecidos por sensores locais. Estes sensores podem medir variáveis como o nível de líquido nos tanques, o pH e a condutividade elétrica da solução nutritiva, bem como a humidade do solo a diferentes profundidades. Esta informação permite ao programador adaptar a rega em tempo real, otimizando o uso

de água e fertilizantes e evitando situações de stress hídrico ou excesso de fertilização.

Muitos dos programadores existentes atualmente estão equipados com ligação à Internet, o que facilita a sua integração em plataformas digitais de gestão agronómica. Através de aplicações web, os agricultores podem interagir com o sistema remotamente, modificar a programação, receber alertas e consultar dados históricos. Esta interoperabilidade com sistemas de análise mais complexos permite tomar decisões estratégicas baseadas em dados, como ajustar a rega de acordo com modelos climáticos ou recomendações agronómicas (ver mais informações na secção D. Sistemas de gestão e previsão da rega).

B. Sensores remotos

A utilização de sensores remotos na agricultura revolucionou a forma como as culturas são monitorizadas e os recursos hídricos geridos. Estas tecnologias permitem obter informações detalhadas e contínuas sobre o estado do solo, a vegetação e as condições ambientais, facilitando decisões mais precisas no planeamento da rega.

- **Imagens de satélite:**

As imagens obtidas por satélite utilizam diferentes bandas do espectro eletromagnético para capturar dados sobre variáveis-chave, como a humidade do solo, o vigor das culturas, o uso da água e outros fatores ambientais. Esta tecnologia é especialmente útil para monitorizar grandes superfícies agrícolas de forma periódica, permitindo detetar padrões espaciais que não são evidentes a olho nu.

Graças a estas imagens, é possível identificar diferenças de humidade entre diferentes zonas da mesma parcela, o que ajuda a detetar ineficiências nos sistemas de rega, como uma distribuição desigual da água. Esta informação permite ajustar os esquemas de rega para alcançar uma cobertura mais homogénea e eficiente. Um exemplo destacado desta aplicação é a utilização do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que permite avaliar o estado da vegetação e detetar sinais de stress hídrico antes que se manifestem visualmente nas plantas. Este tipo de análise é fundamental para antecipar problemas agronómicos e agir de forma preventiva.

- **Imagens de drone:**

Os drones equipados com sensores especializados, como câmaras térmicas ou dispositivos de infravermelho próximo (NIR), oferecem uma visão detalhada e de alta resolução sobre o estado hídrico e fisiológico das culturas. Estes equipamentos podem sobrevoar parcelas agrícolas e gerar mapas precisos que mostram variações na humidade do solo, temperatura da superfície e outros indicadores relevantes para a saúde e gestão da cultura.

Uma vantagem significativa dos drones é a sua capacidade de realizar voos programados em momentos específicos do ciclo da cultura, o que permite comparar dados ao longo do tempo e detetar tendências. Em sistemas mais avançados, os dados recolhidos pelos drones são integrados diretamente com plataformas de gestão agronómica e sistemas de rega automatizados. Esta integração permite ativar a rega de forma automática nas zonas onde se deteta um défice hídrico, otimizando a utilização da água e melhorando a eficiência operativa.

A combinação de imagens de satélite e dados obtidos por drones proporciona uma visão multiescalar do estado das culturas, desde o nível regional até ao nível da parcela, o que permite uma gestão mais precisa e adaptativa da rega. Estas tecnologias, ao estarem ligadas a sistemas inteligentes, contribuem para uma agricultura mais sustentável, eficiente e resiliente face a condições climáticas variáveis.

C. Sensores de proximidade

Os sensores de proximidade são ferramentas fundamentais na agricultura de precisão, uma vez que permitem obter informação direta e localizada sobre o estado hídrico das plantas, do solo e do ambiente. Classificam-se em três grandes grupos: sensores de plantas, sensores de solo e sensores ambientais. Além disso, existem sensores específicos para monitorizar o funcionamento do sistema de rega e a qualidade da água utilizada.

- **Sensores de plantas:**

Estes dispositivos são concebidos para medir parâmetros fisiológicos diretamente relacionados com o estado hídrico das culturas. A sua utilização permite ajustar a rega em função das necessidades reais das plantas.

- **Sensores de fluxo de seiva:** Medem a variação térmica no xilema, o que permite estimar a taxa de transpiração da planta em tempo quase real. Embora a sua aplicação comercial seja limitada, são amplamente utilizados na investigação para compreender o comportamento hídrico de diferentes culturas.
- **Sensores de turgescência foliar:** avaliam variações da pressão de turgescência das folhas, o que permite determinar o estado hídrico da árvore. Estes sensores podem distinguir entre três estados: hidratação ótima, stress hídrico leve e stress hídrico grave, facilitando decisões de rega mais precisas.
- **Sensores de temperatura da planta:** Analisam a diferença térmica entre a folha e o ar circundante, um indicador direto do nível de hidratação foliar. Esta informação é útil para detetar respostas da planta perante condições de stress, tanto biótico como abiótico.
- **Registo contínuo do potencial hídrico do caule através de microtensiómetros:** Instalados no tronco de culturas lenhosas, permitem registar de forma contínua o potencial hídrico do caule. Esta medição em tempo real oferece uma visão detalhada do estado hídrico da planta, útil para ajustar a rega com precisão.

- **Sensores de solo:**

Estes sensores fornecem dados sobre a disponibilidade de água no solo, condutividade elétrica e temperatura, fundamentais para definir estratégias de rega e fertilização.

- **Sensores de teor de humidade:** Medem o volume de água presente no solo. Os mais comuns são as sondas dielétricas, que incluem tecnologias capacitivas, TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo) e FDR (Reflectometria no Domínio da Frequência). Estes sensores permitem calcular o défice hídrico e ajustar a dotação de rega em função da evolução do teor de humidade.
- **Sensores de potencial matricial:** Determinam a força com que a água é retida no solo, o que ajuda a estabelecer o momento ótimo para a rega. São utilizados tensiómetros, sensores resistivos e capacitivos em materiais porosos, especialmente em culturas hortícolas e lenhosas. Estes dispositivos oferecem uma leitura precisa do estado hídrico do solo, mesmo em estratégias de rega deficitária controlada.
- **Sensores resistivos e capacitivos em material poroso:** Aplicam o princípio da variação da resistência elétrica em função da humidade do solo. São adequados para culturas lenhosas e permitem atingir níveis de potencial hídrico de até -230 kPa, o que os torna úteis em práticas de rega adaptadas a condições de stress hídrico.
- **Sensores de condutividade elétrica do solo:** fornecem informações sobre a salinidade e o teor de nutrientes, o que permite ajustar tanto a rega como a fertilização. O seu design robusto e a resistência a condições adversas garantem uma longa vida útil e fiabilidade no terreno.

- **Sensores ambientais:**

Estes sensores recolhem dados sobre as condições climáticas e outros fatores externos que influenciam a gestão da rega. Estão equipados com sistemas de comunicação sem fios que permitem enviar informações em tempo real para plataformas de gestão ou dispositivos móveis.

Entre os sistemas mais utilizados encontram-se:

- **SIAR** ([Sistema de Informação Agroclimática para o Regadio](#)): uma rede de estações meteorológicas em Espanha que fornece dados climáticos relevantes para a programação da rega.
- **SAGRA** ([Sistema Agrometeorológico para a Gestão da Rega no Alentejo](#)): uma plataforma portuguesa que oferece informações agrometeorológicas para otimizar o uso da água nas culturas.
- **XEMA** ([Rede de Estações Meteorológicas Automáticas da Catalunha](#)): uma rede de estações meteorológicas automatizadas que fornecem informações sobre variáveis meteorológicas que permitem conhecer a situação meteorológica em tempo real.

Estes sistemas permitem realizar ajustes dinâmicos na programação da rega em função de variáveis como temperatura, humidade relativa, radiação solar, velocidade do vento e precipitação.

- **Sensores para monitorização do sistema de rega:**

Para além dos sensores que avaliam o estado da planta e do solo, existem dispositivos que permitem controlar o funcionamento hidráulico do sistema de rega, garantindo a sua eficiência e qualidade.

- **Medidores de caudal:** Medem o volume de água que circula pela rede de rega. Podem ser eletromagnéticos, ultrassónicos ou mecânicos com emissores de impulsos. A sua utilização permite detetar fugas, verificar o cumprimento das doses programadas e otimiza o consumo de água.
- **Sensores de pressão:** registam a pressão da água em diferentes pontos da instalação hidráulica. Esta informação é essencial para avaliar a distribuição da água, detetar obstruções ou perdas de carga, avarias na instalação e garantir um funcionamento uniforme do sistema

- **Sensores de qualidade da água de rega:**

Estes sensores têm como objetivo determinar se a água utilizada é adequada para a cultura, especialmente no que diz respeito, habitualmente, à sua salinidade. A medição da condutividade elétrica da água permite avaliar a sua composição iónica e prevenir problemas de toxicidade ou acumulação de sais no solo, que podem afetar negativamente o desenvolvimento das plantas.

D. Sistemas de gestão e previsão da rega.

As soluções digitais aplicadas à rega na agricultura evoluíram para sistemas integrados que combinam dados em tempo real, modelos preditivos e plataformas de gestão para otimizar o uso da água. O **software de gestão da rega** é uma ferramenta fundamental neste ecossistema, uma vez que permite centralizar e analisar informações provenientes de sensores, estações meteorológicas, imagens remotas e bases de dados agrónomicas, facilitando a tomada de decisões técnicas e estratégicas.

Este tipo de software permite aos agricultores gerir os seus sistemas de rega de forma remota, a partir de qualquer dispositivo conectado, acedendo a painéis de controlo intuitivos que mostram o estado hídrico das culturas, o funcionamento dos equipamentos hidráulicos e as previsões meteorológicas. Graças a esta conectividade, é possível realizar ajustes imediatos na programação da rega, responder a eventos climáticos inesperados e aplicar estratégias de fertirrigação mais precisas.

Uma das funcionalidades mais avançadas destes sistemas é a capacidade preditiva, que se baseia em modelos agrónomicos e meteorológicos para antecipar as necessidades hídricas futuras das culturas. Estes modelos têm em conta variáveis como a evapotranspiração, o tipo de solo, a fase fenológica da cultura e as previsões de chuva, permitindo planejar a rega com vários dias de antecedência. Este planeamento proativo não só melhora a eficiência do uso da água, como também reduz o risco de stress hídrico e melhora a qualidade da produção.

Além disso, o software pode ser integrado com sensores de campo (sondas de humidade, tensiómetros, medidores de caudal ou estações meteorológicas) para gerar alertas automáticos em caso de anomalias, como baixa pressão na rede, excesso de salinidade ou défice hídrico. Esta capacidade de monitorização contínua permite uma gestão mais dinâmica e adaptativa, ajustando a rega em função das condições reais do ambiente e favorecendo uma utilização mais eficiente da água.

5. ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FATORES PARA A DIGITALIZAÇÃO DA REGA

Como passo necessário para o desenvolvimento da Estratégia Para a Digitalização da Rega, foi realizada uma análise do estado atual dos fatores (barreiras e impulsionadores) que podem intervir na implementação desta estratégia. Para tal, esta análise baseou-se em dados provenientes da bibliografia e de páginas da internet existentes, no conhecimento técnico dos autores e nos inquéritos e contributos realizados pelos parceiros e associados do Projeto Sudoe Smart Green Water

Tendo isto em conta, foram utilizadas duas metodologias que são habitualmente empregues em numerosos estudos e projetos: a **Análise PESTEL**¹ e a **Análise SWOT**² (ou FOFA).

5.1. Análise PESTEL

A digitalização da rega não se produz num vácuo, mas é profundamente influenciada pelo ambiente em que se desenvolve. Para compreender melhor estes fatores externos, recorre-se à análise PESTEL, uma ferramenta estratégica que **permite examinar os fatores Políticos, Económicos, Sociais, Tecnológicos, Ambientais e Legais** (ver Figura 9); que podem afetar direta ou indiretamente a implementação de soluções digitais no setor da rega.

Esta análise ajuda a identificar riscos, antecipar barreiras e detetar oportunidades que podem condicionar a viabilidade, escalabilidade e sustentabilidade da estratégia de digitalização. Por exemplo, o apoio institucional através de fundos europeus, como os projetos do PERTE (Projetos Estratégicos para a Recuperação e Transformação Económica) em Espanha, representa uma oportunidade fundamental no plano político e económico; enquanto que a lacuna digital nas zonas rurais coloca desafios sociais que devem ser abordados para garantir uma transição digital inclusiva, e que estão em sintonia com os objetivos da última reforma da PAC 2023-2027, como é o reforço do tecido socioeconómico nas zonas rurais.

P		Político	Os fatores políticos incluem o governo, as políticas comerciais e fiscais, os problemas políticos gerais, as mudanças na liderança, a regulamentação e as tendências políticas
E		Económico	Os fatores económicos podem incluir a inflação, as taxas de juro, as taxas de câmbio, o crescimento económico e o desemprego
S		Social	Os fatores sociais são forças culturais e padrões na sociedade. Podem incluir o estilo de vida, a distribuição etária e o comportamento do consumidor
T		Tecnológico	Os fatores tecnológicos podem incluir avanços e desenvolvimentos tecnológicos, inovação e avanços científicos
E		Ambiental	Os fatores ambientais podem incluir as alterações climáticas, as regulamentações ambientais, as políticas de gestão de resíduos e as questões ambientais do consumidor
L		Legal	Os fatores legais podem incluir a legislação laboral e relativa ao consumo, regulamentações de importação/exportação e políticas e diretrizes de saúde e segurança.

Figura 9. Fatores a considerar numa análise PESTEL. Fonte: Web PESTELAnalysis.com.

¹ Lee e Jepson, 2020; Fernandes e Cunha Marques, 2023.

² Mainali et al., 2011; Michailidis et al., 2015; Mesa-Perez et al., 2020; Starkl et al., 2013; Nagara et al., 2015.

Na Tabela 2, sintetizam-se as principais barreiras e *drivers* (impulsionadores) da digitalização da agricultura de regadio no território Sudoe, de acordo com a metodologia PESTEL.

Tabela 2. Identificação de barreiras e drivers (impulsionadores) para a digitalização da agricultura de regadio no território Sudoe, de acordo com a metodologia PESTEL.

Fator	Barreiras	Drivers (Impulsionadores)
Político	- Desigualdade territorial. - Falta de coordenação entre administrações e legislações (UE-países) - Descontinuidade nas políticas públicas. - Estabilidade política.	- Apoio institucional firme e prioritário. - Apoios públicos à digitalização.
Económico	- Falta de apoio à digitalização ao nível da parcela, especialmente para agricultores não profissionais - Custo operacional (sensores, comunicações, plataformas, etc.). - Rentabilidade de algumas culturas a digitalizar. - Dependência de subsídios. - Concorrência internacional. - Volatilidade dos preços agrícolas.	- Linhas de apoio disponíveis para entidades administradoras de bacias hidrográficas e Comunidades de regantes. - Redução dos custos operacionais através da eficiência hídrica e energética. - Incentivos económicos ligados à sustentabilidade da rega.
Social	- Falta de renovação geracional no setor primário. - Falta de formação de técnicos e regantes. Lacuna digital. - Rejeição à redução da poupança de água para a rega e à transparência na utilização da água (relutância à mudança).	- Melhoria das condições de trabalho para atrair jovens talentos. - Reconhecimento social da utilização da tecnologia para uma utilização eficiente da água. - Formação e capacitação digital.
Tecnológico	- Necessidade de tecnicidade interdisciplinar - Falta de infraestruturas pré-existentes. - Desconhecimento das possibilidades tecnológicas das diferentes ferramentas digitais. - Mudanças tecnológicas sucessivas. - Obsolescência rápida. - Maior fiscalização do serviço, o que se traduz numa certa rejeição. - Falta de interoperabilidade entre plataformas e ferramentas. - Problemas de cibersegurança. - Ligação escassa em zonas rurais.	- Existência de tecnologias inovadoras e maduras. - Estudos que quantifiquem o retorno do investimento na digitalização em função do custo da água e das culturas, para diferentes zonas. - Monitorização espaço-temporal combinando diferentes tipos de sensores. Monitorização em tempo real. - Casos-piloto de sucesso. - Plataformas de gestão de dados interoperáveis
Ambient e	- Pensar que não há escassez de água. - Não haver sensibilização em relação às alterações climáticas.	- Aumento da frequência/intensidade de episódios de seca como vetor de sensibilização. - Procura crescente da agricultura sustentável. - Redução do impacto ambiental através de soluções digitais.

Tabela 2. Identificação de barreiras e drivers (impulsionadores) para a digitalização da agricultura de regadio no território Sudoe, de acordo com a metodologia PESTEL. (continuação)

Legal	• Prazos e auditorias a cumprir. • Ausência de participação das partes interessadas na elaboração da lei ou dos projetos-piloto • Normativas complexas que dificultam a inovação. • Desfasamento entre a legislação e as novas tecnologias. • Falta de clareza na regulamentação e na governação de dados.	• Normativas da UE e linhas de apoio condicionadas à contabilidade da água, tarifas binomiais, sustentabilidade e digitalização. • Selos de qualidade. • Avanços na rastreabilidade e standardização. • Adaptação progressiva do quadro jurídico à inovação. • Conformidade com o RGPD (dados recolhidos pelos sensores) • Contratos com fornecedores (manutenção, atualização de software)
-------	--	--

5.2. Análise SWOT

A análise SWOT (**FOFA** em português e **DAFO** em espanhol) baseia-se na identificação, através de uma matriz de dupla entrada, de fatores internos/externos, negativos/positivos. Ou seja, pretende **identificar Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças** (ver Figura 10), neste caso relacionadas com a digitalização da rega no território Sudoe. Esta análise serve de base para definir linhas estratégicas e ações prioritárias.

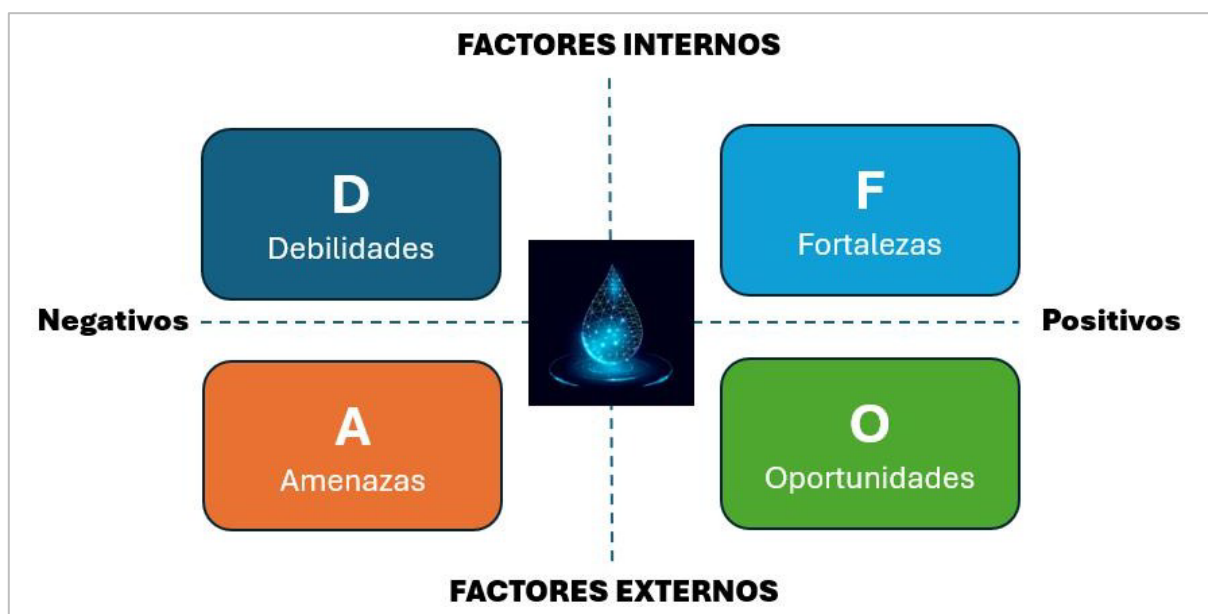


Figura 10. Fatores da Análise SWOT (FOFA) para a digitalização da rega no território Sudoe.

Traduzir texto imagem

5.2.1. Fraquezas

As fraquezas identificadas no setor da rega refletem barreiras estruturais, culturais e tecnológicas que dificultam a adoção de soluções digitais. A fraca capacitação tecnológica entre os regantes, especialmente nas pequenas explorações, e a escassez de serviços técnicos de acompanhamento limitam o avanço para uma gestão mais eficiente da água. Além disso, fatores como a falta de interoperabilidade entre plataformas digitais e a escassa sensibilização sobre a governação da água evidenciam uma necessidade

urgente de transformação.

1. Falta de tecnicidade multidisciplinar nas Comunidades de Regantes.
2. Baixa capacitação tecnológica dos regantes, especialmente nas pequenas explorações ou explorações de culturas sem valor acrescentado.
3. Escassez de serviços técnicos de acompanhamento.
4. Conectividade digital desigual nas zonas rurais.
5. Custo de instalação e manutenção das soluções digitais. Grande dependência de subsídios públicos.
6. Desigualdade territorial nas infraestruturas de rega e de comunicações.
7. Falta de conhecimento sobre o custo da água, que pode apresentar grandes diferenças caso exista (bombeamentos significativos, utilização de água regenerada ou dessalinizada)
8. Reticências culturais à mudança (dificuldade na renovação geracional nos conselhos de administração e na integração de talento feminino).
9. Fosso entre gerações e também em relação à tecnologia. Baixa adoção por parte do setor agrícola tradicional.
10. Falta de interoperabilidade entre plataformas digitais (standardização tecnológica).
11. Conhecimento limitado do Retorno do Investimento (ROI), o qual depende do custo da água, do tipo de culturas e das ferramentas de digitalização que se pretendam incorporar. Em determinadas zonas, foi salientado que a falta de rentabilidade condiciona a sustentabilidade económica, a renovação geral e a adoção de soluções digitais.
12. Baixa sensibilização sobre a governação participativa da água. Cada vez mais dados sobre este bem público são partilhados de forma aberta.
13. Nos projetos-piloto, existe frequentemente um desequilíbrio entre as entidades que devem ser utilizadoras das tecnologias e as entidades que promovem a utilização dessas tecnologias. Para avançar na inovação, os utilizadores finais devem participar com maior frequência.

5.2.2. Ameaças

A digitalização da rega enfrenta riscos decorrentes de fatores económicos, climáticos e normativos que podem comprometer o seu desenvolvimento. A rápida obsolescência tecnológica e a proliferação de soluções não coordenadas geram incerteza na tomada de decisões. Além disso, a exclusão digital de explorações onde não haja formação nem conectividade à rede agrava as desigualdades existentes, dificultando uma transição equitativa para modelos mais sustentáveis.

1. Preço dos produtos agrícolas, especialmente das *commodities* que são negociadas nos mercados financeiros e nas quais normalmente não há valor acrescentado. Os preços dos produtos agrícolas devem permitir que a agricultura seja sustentável (a nível económico, social e ambiental). Salvo exceções, em geral, as empresas agrícolas de produção não estão capitalizadas para realizar este tipo de investimentos, que não lhes permitirão produzir mais, mas sim produzir de forma mais sustentável.
2. O facto de as alterações climáticas condicionarem a produção agrícola (disponibilidade de água e outros fenómenos extremos). Quando ocorrem episódios de seca em algumas zonas, aumenta a procura de rega para salvar as produções, caso existam reservas de água. Noutras zonas, também se observou o efeito contrário.

3. Instabilidade política ou económica. Que apoios haverá para a digitalização da rega, posteriormente aos fundos Next-Generation, nos três níveis de gestão da água (administração, comunidades de utilizadores e explorações individuais)? A digitalização da agricultura de regadio deve ser entendida como uma roda de grandes dimensões, que custou a pôr em movimento e que agora não deve parar. É fundamental que haja continuidade, tanto nas linhas de apoio como no projeto Smart Green Water.
4. Saturação de soluções não coordenadas.
5. Cibersegurança e proteção de dados. Vulnerabilidade dos sistemas conectados.
6. Rápida obsolescência tecnológica.
7. Desinformação, falsas expectativas ou projetos que atualmente não estão operacionais.
8. Tensões entre inovação e regulamentação.
9. Exclusão digital de explorações sem conectividade.
10. Aceitabilidade social: relutância dos operadores em aceitar a mudança.
11. Variabilidade normativa: evolução das normas e padrões relativos à água e aos dados.

5.2.3. Forças

O processo de digitalização da rega no território Sudoe assenta numa base institucional e técnica consolidada, que facilita a sua implementação e escalabilidade. A existência de tecnologias maduras e de redes de investigação ativas permite avançar com maior segurança para modelos mais sustentáveis e eficientes. Além disso, a abordagem integral que envolve diferentes atores reforça a governação e a capacidade de transferência de conhecimento.

1. Compromisso das administrações com a digitalização como ferramenta para melhorar a sustentabilidade da produção agrícola e a eficiência da água de rega.
2. Experiência na modernização de regadios e na gestão da água, e disponibilidade de infraestruturas coletivas de rega e digitais básicas.
3. Abordagem integral (administrações, comunidades de regantes, regantes individuais).
4. Existência de tecnologias maduras e casos-piloto já implementados.
5. Redes ativas de investigação e colaboração transnacional.
6. Alinhamento com a estratégia de territórios inteligentes RIS3.
7. Capacidade de transferência de conhecimento.
8. Abordagem centrada em dados.
9. Otimização da utilização de recursos
10. Otimização do tempo: Poupança de tempo através da automatização de tarefas.
11. Rastreabilidade e conformidade regulamentar.

5.2.4. Oportunidades

O contexto atual oferece um ambiente favorável para impulsionar a digitalização da rega como motor de transformação estrutural. A crescente acessibilidade das tecnologias e o desenvolvimento de indicadores ambientais permitem avançar para modelos agrícolas mais sustentáveis e inovadores.

Além disso, a digitalização pode reforçar a governação da água e fomentar o desenvolvimento rural, aproveitando sinergias com outros setores e o potencial de replicabilidade em diferentes territórios.

1. Fundos europeus específicos para a digitalização agrícola (PERTE Next Generation, Interreg Sudoe, FEADER...).
2. As alterações climáticas como catalisador de uma agricultura eficiente na utilização dos inputs (água, energia, fertilizantes, etc.)
3. Desenvolvimento rural sustentável.
4. A digitalização como alavanca para melhorar a governação da Água (captar líderes que promovam a mudança).
5. Internacionalização e integração em redes de inovação e cooperação entre diferentes países.
6. Avanços tecnológicos acessíveis.
7. Aumento da procura por alimentos sustentáveis.
8. Aplicações móveis e plataformas acessíveis.
9. Desenvolvimento de indicadores e incentivos ambientais, como os créditos de carbono ou de água.
10. Sinergias com outros setores (energia, Big Data, formação).
11. Potencial de replicabilidade noutros territórios.
12. Equilíbrio entre os participantes do setor tecnológico e os beneficiários destas tecnologias em projetos de cooperação ou jornadas tecnológicas.

6. CAMINHO E CENÁRIOS PARA A DIGITALIZAÇÃO DA REGA

6.1. Estratégia de digitalização de acordo com os cenários

As comunidades de utilizadores de água de rega (comunidades de regantes ou comunidades de utilizadores de águas subterrâneas), bem como as explorações a título individual, apresentam uma grande heterogeneidade em diferentes variáveis que afetam a sua estratégia de digitalização. Assim, existe uma variabilidade significativa em elementos como:

- **Dotação de água.** Desde sistemas de rega com dotações de rega de apoio por bombagem significativas de 1000 m³/ha por ano até comunidades de regantes na foz de rios, associadas a regas com uma dotação de 20 000 m³/ha por ano.
- **Dimensão e tecnicidade da comunidade de regantes / explorações agrícolas.** Existem comunidades de regantes com poucos membros, mas também comunidades gerais que chegam a mais de 100 000 ha. Ao nível da exploração, vão desde pequenas explorações, que com alguma frequência não têm garantia de renovação geracional, até sociedades com superfícies significativas. A tecnicidade em cada um destes casos é diferente.
- **Infraestrutura de rega.** A percentagem de superfície de rega tradicional em Espanha é inferior a 20%. Em determinados territórios, pode existir um défice de infraestruturas de rega que condicione o desenvolvimento da digitalização, tanto a nível da comunidade de regantes como a nível da exploração.
- **Combinação de culturas.** A dotação de rega, mais especialmente o custo da água, condiciona a combinação de culturas de uma determinada exploração e, por agregação, de uma comunidade de regantes. A rentabilidade das diferentes culturas condiciona de forma muito direta a digitalização que pode ser realizada ao nível da exploração agrícola.
- **Recorrência de episódios de seca.** Em 2023 e 2024, registou-se uma seca significativa que afetou de forma generalizada toda a Península Ibérica e a Occitânia. No caso da zona do levante espanhol, existe um défice hídrico estrutural que se repete com certa frequência. A existência destes episódios determina o grau de sensibilização para a otimização dos recursos hídricos.
- **Custo da água.** A principal diferença reside no facto de a tarifa depender da superfície da parcela (parte fixa da tarifa) ou se além disso depende do consumo de água que se realiza (parte variável da tarifa). Normalmente, as primeiras estão associadas aos regadios tradicionais, enquanto as tarifas binomiais (com uma parte fixa e uma parte variável) são incorporadas quando já existe pressurização da rede de rega e há custos de bombagem. O custo da água pode variar entre valores de 0,01 €/m³ - 0,02€/m³ e valores de 0,30 €/m³ - 0,60 €/m³ para bombeamentos significativos ou recursos hídricos não convencionais.
- **Recursos hídricos não convencionais.** Em alguns territórios com um défice hídrico significativo, os recursos hídricos não convencionais (água regenerada ou água dessalinizada) assumem cada vez mais importância. A água desta proveniência apresenta custos muito superiores aos da água de origem superficial, pelo que é de grande importância ser eficiente na utilização do recurso.

Caracterizar todas estas variáveis deve ajudar a definir qual é o cenário de partida em que se encontra cada comunidade de regantes. Existe uma importante heterogeneidade nas comunidades de regantes, pelo que cada território deve definir objetivos estratégicos para cada um dos cenários.

A combinação de todas estas variáveis poderia representar uma grande quantidade de cenários, mas foram aqui sintetizados em quatro. O grau de caracterização destes cenários, bem como os desafios que se devem alcançar em cada um deles, deverá ser definido de forma precisa ao redigir os Planos de Ação de cada região.

Na Tabela 3 e na Figura 11 são apresentados quatro cenários possíveis e quais devem ser os principais desafios para a digitalização da rega.

Tabela 3. Cenários no caminho para a digitalização da rega (Fonte: Elaboração própria)

Cenário	Comunidade de utilizadores (água coletiva)	Exploração (regante individual)	Principais desafios da digitalização da rega
0	Rega tradicional Tarifa de rega por unidade de superfície.	Culturas <i>de commodities</i> Explorações sem renovação geracional.	- Liderar para provocar a mudança. - Aumentar a técnica. - Otimizar e garantir a sucessão nas explorações. - Recursos económicos para realizar obras relacionadas com a rega e telecomunicações.
1	Modernização da rega tradicional Introdução de tarifas binomiais de rega.	Intensificação das culturas <i>de commodities</i> (culturas duplas).	- Garantir os prazos das obras de modernização. - Acompanhamento técnico às comunidades de regantes e às explorações. - Ao nível das comunidades de regantes, otimizar o custo da água/energia. - Ao nível das explorações, otimizar os setores de rega e as doses de rega.
2	Digitalização da rega modernizada Introdução de dados. Tarifa binomial de rega.	Intensificação dos inputs da exploração (culturas de fruta de mesa, frutos secos, hortícolas, etc.). Explorações tecnificadas.	- Dispor de informação para a elaboração e execução ótimas do projeto. - Apoio ao projeto. - Acompanhamento digital às comunidades de regantes e explorações. - Sensibilização para a gestão eficiente dos recursos (sustentabilidade económica e ambiental).
3	Rega modernizada e digitalizada Exploração de dados Tarifas binomiais de rega, frequentemente com preços elevados devido à água dessalinizada ou à água regenerada.	Culturas de elevado valor acrescentado. Explorações altamente tecnificadas.	- Aproveitar os dados (24 horas por dia, 7 dias por semana). - Melhorar a eficiência, a sustentabilidade e a transparência.



Figura 11. Diferentes cenários no caminho para a digitalização da rega.

6.2. Etapas da digitalização da rega

Para a digitalização de uma determinada região, comunidade de regantes ou mesmo de uma determinada exploração agrícola, consideram-se três grandes etapas que devem ser superadas sucessivamente. Fala-se frequentemente da pirâmide de Maslow aplicada aos projetos de digitalização da gestão da água, e explica-se que **não se deve passar à etapa seguinte até ter consolidado a anterior**. Isto é especialmente importante quando se pretende passar da primeira para a segunda etapa.

Estas três etapas são:

1. Promoção da digitalização da agricultura de regadio.
2. Projeto de digitalização.
3. Digitalização ou gestão da água baseada em dados.

6.2.1. Promoção da digitalização da agricultura de regadio

Nesta fase, é necessário alinhar o maior número possível de características que favorecem a digitalização da rega, reduzindo o impacto de possíveis barreiras ou ameaças. Estes fatores, tanto internos como externos, devem ajudar a contribuir para a digitalização. Na tabela seguinte (Tabela 4) são apresentados os fatores e a forma como estes afetam tanto ao nível da comunidade de regantes como ao nível das explorações agrícolas particulares.

Tabela 4. Lista de fatores que podem influenciar a fase de promoção da digitalização da agricultura de regadio em função do tipo de regantes.

Elementos para a promoção da digitalização	Comunidades de Regantes (CR)	Explorações individuais
1. Líderes que comuniquem para motivar a mudança.	Conselhos de administração	Responsáveis pela exploração e proprietários
2. Alterações legislativas que promovam a mudança	Subsídios condicionados à contabilidade da água ou à utilização de tarifas binomiais em comunidades de utilizadores.	Alterações que afetam especificamente as explorações. Mais relacionadas com certificações ou selos de boa gestão da água.
3. Técnicos com formação interdisciplinar	Técnicos próprios ou soluções para dispor de técnicos interdisciplinares (partilha de talentos com as CR ou gestoras)	Técnicos próprios das explorações ou consultores.
4. Renovação geracional e retenção de talentos	Garantir o talento nas zonas rurais.	Explorações tecnicizadas são mais competitivas e sustentáveis.
5. Jornadas de demonstração sobre a tecnologia digital disponível	Realização de jornadas para outras CR e regantes próprios	Participação em jornadas de demonstração
6. Conhecimento das características das diferentes ferramentas tecnológicas	Formação técnica sobre sensores e telegestão, plataformas de gestão ou modelos preditivos.	Acesso a formação prática sobre ferramentas digitais adaptadas à escala da exploração.

Tabela 4. Lista de fatores que podem influenciar a fase de promoção da digitalização da agricultura de regadio em função do tipo de regantes. (continuação)

7. Informação digitalizada e estruturada	Infraestrutura hidráulica da comunidade e conhecimento da sua variabilidade (comunicações, culturas, solos, explorações, etc.)	Variabilidade intra/interparcelar para poder localizar corretamente os sensores e adaptar as dotações de rega.
8. Sensibilização para a necessidade de melhorar a eficiência na utilização da água	Campanhas de sensibilização e benchmarking entre comunidades de regantes.	Incentivos económicos esperados e demonstrações de poupança através da digitalização.
9. Execução de infraestruturas do ciclo da água e de telecomunicações prévias ao desenvolvimento do projeto	Infraestrutura de rega. Comunicações de âmbito territorial alargado (NB-IoT, GPRS)	Sectorização correta. A rega de precisão começa na conceção da instalação de rega. Comunicações de âmbito territorial mais reduzido (LoRaWAN ou NB-IoT, GPRS, Satélite)
10. Linhas de apoio ou financiamento	Apoio para as CR.	Apoio para as explorações agrícolas.

Fonte: Elaboração própria.

A título de exemplo, no que diz respeito ao ponto 3 da tabela anterior, a tecnicidade interdisciplinar necessária para a digitalização da rega é difícil de encontrar em pequenas comunidades de regantes. Para melhorar esta situação nas comunidades de regantes, são aqui apresentadas diferentes propostas para a criação de equipas técnicas multidisciplinares, sendo que a proposta dependerá das características de cada um dos territórios.

- **Equipas interdisciplinares de digitalização das Comunidades Gerais (CG)** que ajudem na digitalização das diferentes comunidades de base. Faz mais sentido ter uma equipa multidisciplinar nas CG do que criar uma equipa interdisciplinar para cada uma das comunidades de base.
- **Agrupamento de diferentes comunidades de regantes de um território** para que partilhem recursos, tirando partido das economias de escala. Este agrupamento pode ser para comunidades de base pertencentes à mesma comunidade geral, ou por comunidades de regantes do mesmo âmbito territorial. Podem agrupar-se em torno de comunidades de utilizadores e federações de comunidades de regantes.
- **Aproveitar o *know-how* de empresas de serviços de gestão integral de comunidades de regantes** (modelo público em León, na Espanha, ou modelo privado noutras regiões). Estas empresas dispõem de especialistas para cada uma das tecnologias existentes, que podem participar de forma integral ou parcial em determinados projetos.

É importante a adaptação e atualização constante dos programas de formação dos engenheiros agrónomos para adaptar os conhecimentos atuais aos perfis profissionais, em prol da digitalização da agricultura de regadio. A título de exemplo, no ponto 11.4 “Anexo IV. Adaptação e Atualização dos programas”, inclui-se informação sobre dois programas de estudo existentes neste domínio.

6.2.2. Projeto de digitalização

Para definir um bom projeto de digitalização, deve-se concluir a fase anterior de promoção da digitalização da rega. Se for realizado diretamente um projeto de modernização, no qual também se inclui a digitalização, a primeira fase continua a ser a promoção da digitalização. Se alguns dos pontos identificados como Fraquezas/Ameaças na Análise FOFA falharem (não existem líderes responsáveis por órgãos de gestão ou técnicos que assegurem o projeto de digitalização, as pessoas não valorizam o que a digitalização traz, não há linhas de apoio, etc.), não fará sentido avançar com o projeto de digitalização. Isto porque a obra poderá ser realizada, os dados serão gerados, mas não se cria valor a partir dos dados gerados e, em pouco tempo, corre-se o risco de que se abandone.

As três fases principais são a elaboração do projeto de digitalização, o concurso ou pedido de propostas e a execução do projeto. Frequentemente, diferentes entidades realizam **Planos Estratégicos**, nos quais se detalha a estratégia de digitalização de cada entidade.

Na elaboração do projeto, devem definir-se quais as características técnicas que os sensores devem ter para resolver os principais problemas da comunidade de regantes, qual a tecnologia de comunicações que se vai utilizar e quais os ativos ou plataformas digitais que se vão utilizar para visualizar e analisar os dados. **A definição do projeto de digitalização deve atender a critérios técnicos;** em algumas Comunidades de Regantes, observou-se que as decisões do Conselho de Administração ou da Assembleia não estão alinhadas com os critérios desses técnicos.

- **Sensores.** Definir as características técnicas do sensor (marca/modelo, localização, resolução temporal, etc.) que devem ser ajustadas às necessidades de cada caso concreto. Isto aplica-se tanto aos sensores de proximidade como aos sensores utilizados na teledeteção. Para identificar possíveis fugas de água, pode ser útil uma imagem de drone de alta resolução, enquanto que para o acompanhamento da cultura se adequa muito melhor a teledeteção por satélite, uma vez que se realizam passagens de forma periódica. O conhecimento da CR ou da exploração deve permitir localizar os sensores nos pontos mais representativos do território.
- **Armazenamento e Comunicações.** Uma vez gerados os dados, estes devem ser armazenados até à sua posterior comunicação com o servidor. É importante definir corretamente a frequência de comunicação, porque isto afeta diretamente a duração das baterias, o que é especialmente importante no caso dos contadores.
É possível que uma determinada zona irrigável ou uma exploração já disponham de rede de uma determinada rede móvel, mas é possível que em algumas seja necessário fornecer essa cobertura de rede ou, caso já exista cobertura, que se pretenda garantir comunicações redundantes, especialmente na gestão de infraestruturas críticas.
- **Software ou plataforma para visualizar/gerir os dados.** Deve definir-se qual a plataforma que nos ajuda a visualizar e gerir os dados que chegaram ao servidor. Em explorações mais tecnicizadas, é possível realizar a prescrição autónoma das doses de rega, combinando a informação de diferentes tipos de sensores, para poder fornecer aos programadores de rega prescrições atualizadas diariamente.

O desenvolvimento dos projetos de digitalização da rega deve ter em conta que, devido a diferentes fatores, existe uma menor velocidade de avanço (não existe informação digitalizada, existe uma lacuna em

competências digitais e/ou técnicas, existem campanhas de rega, etc.) do que em projetos de digitalização de outros setores.

Os projetos devem ser redigidos, licitados e executados. É importante que, ao longo de todo o processo do projeto, sejam garantidos o T (Tempo), o C (Custo) e a Q (Qualidade).

Financiamento

Em Espanha, os **projetos do PERTE** (Projetos Estratégicos para a Recuperação e Transformação Económica) do Ciclo da Água, tanto da água urbana como da água para Rega, concederam importantes ajudas para a digitalização provenientes dos fundos Next-Generation da UE. O PERTE de regadio está estruturado em sete soluções digitais, que combinam ativos digitais com sensores, com a condição de que **as soluções digitais sejam mantidas por um período mínimo de 5 anos**. Garantir a formação interdisciplinar ajudará a que as soluções digitais sejam utilizadas de forma permanente.

No caso de França, existem também ajudas para a digitalização da rega (através da FranceAgriMer, PAC através das Organizações de Produtores, FEADER regional, França 2030, etc.) que cobrem a implementação de equipamentos tecnológicos como sensores ou sondas, software de controlo ou outro tipo de soluções digitais inovadoras. Estes apoios cobrem entre 30 % e 70 % do orçamento do projeto, consoante o programa e o tipo de beneficiário.

A Figura 12 representa a distribuição dos apoios das duas chamadas para candidaturas do PERTE de regadio para as regiões autónomas da Espanha com maior superfície irrigável. É possível verificar como, entre a primeira e a segunda chamada para candidaturas, se registou um aumento generalizado dos apoios. Após se ter conseguido motivar o setor primário para a gestão coletiva da água, deveria analisar-se como projetar novas candidaturas de apoios semelhantes.

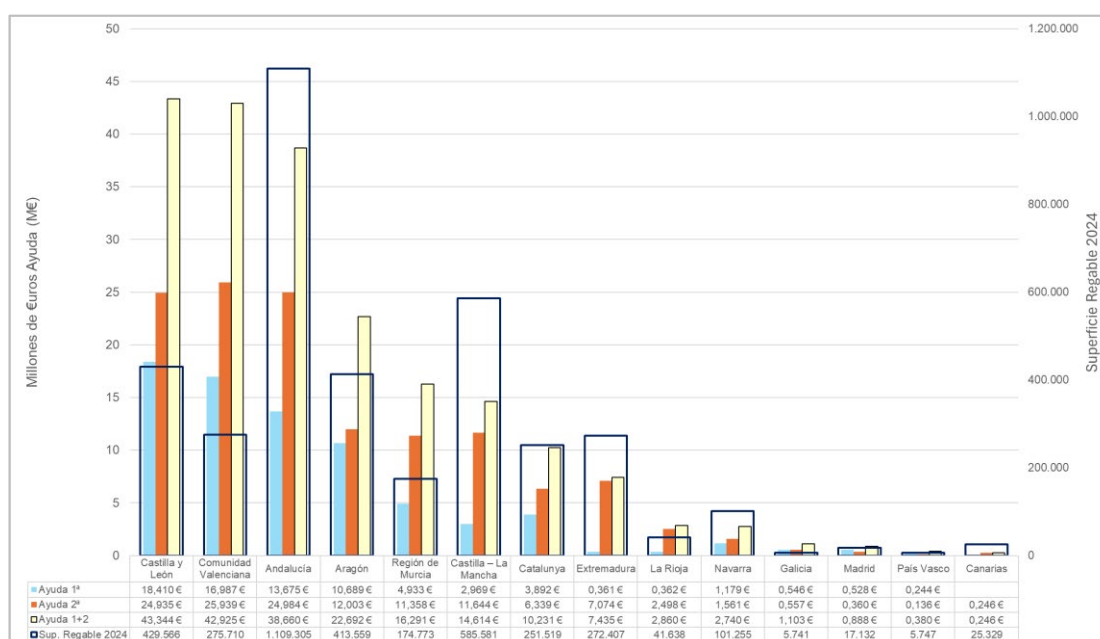


Figura 12. Distribuição dos apoios das duas chamadas para candidaturas do PERTE de regadios por região autónoma da Espanha e a sua relação com a área irrigável por região autónoma. Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 13, é representada a distribuição dos 100 milhões de euros de apoios da segunda chamada para candidatura do PERTE de Digitalização da Rega por províncias (de acordo com os dados da resolução provisória publicada a 17 de outubro de 2025). Pode observar-se que, no topo da lista de beneficiárias, se encontram as comunidades de regantes da região de Múrcia, com um total de 8,76 milhões de euros de ajuda, seguidas pelas províncias de León (7 milhões de euros), Alicante (6,42 milhões de euros), Huesca (5,61 milhões de euros) ou Toledo (5,57 milhões de euros). A região autónoma da Catalunha foi beneficiária de um apoio de 4,87 milhões de euros.

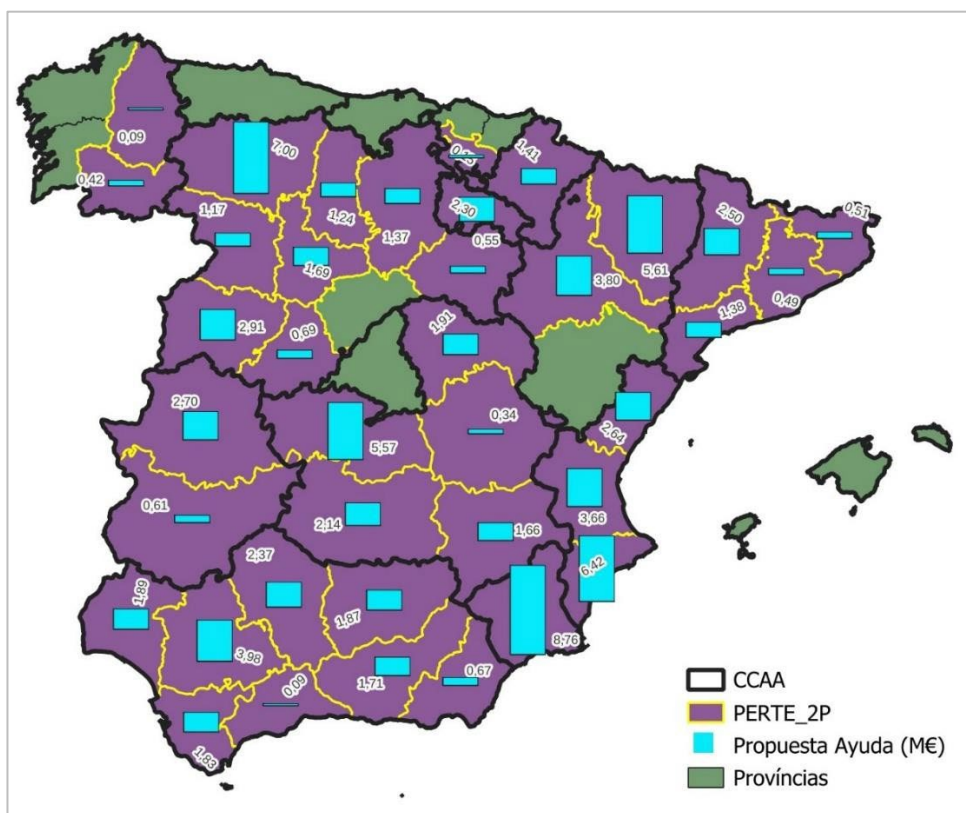


Figura 13. Distribuição dos apoios da segunda chamada para candidaturas do PERTE de Digitalização da Rega (Resolução Provisória de 17/10/2025). Fonte: Elaboração própria.

Para além do funcionamento correto, é importante ter bem presente a cibersegurança, aplicada tanto nas comunidades de regantes como nas explorações agrícolas. O ENS (Esquema Nacional de Segurança) em Espanha aplica-se a todo o setor público, bem como aos fornecedores que colaboram com a administração. É necessário proteger os dados de carácter pessoal e, de forma muito especial, as infraestruturas críticas relacionadas com a utilização da água. É importante recordar que algumas comunidades de regantes realizam abastecimentos urbanos através das suas infraestruturas.

6.2.3. Digitalização ou gestão da água baseada em dados

Assim que o projeto de digitalização estiver concluído e a fase de exploração tiver sido iniciada, começam a ser gerados dados de forma contínua. É necessário garantir a manutenção adequada dos sensores para que estes produzam dados de qualidade, que os dados produzidos sejam corretos e que haja uma

exploração adequada dos dados para tomar as melhores decisões ou aplicar as prescrições e que estas sejam executadas.

O desenvolvimento do projeto, bem como o custo de manutenção dos sensores e das comunicações, têm um custo que deve compensar o facto de se dispor continuamente de dados em diferentes localizações. Ter 2 dados por campanha ou dispor de um dado horário são duas formas de trabalhar totalmente diferentes. Diz-se que a transformação digital é 80 % transformação e 20 % digital. Em todo o processo de digitalização, deve ter-se muito presente **a gestão da mudança nas pessoas**.

Algumas recomendações sobre a fase de exploração dos dados:

- É necessária formação para os técnicos e acompanhamento aos agricultores em relação às ferramentas digitais, bem como sobre temas relacionados com a agricultura de regadio.
- As decisões são tomadas com base em dados. Deve garantir-se que os sensores produzam dados de qualidade e sejam representativos da variável que estão a monitorizar.
- A digitalização não é um fim em si mesma, mas um meio para alcançar uma melhoria contínua dos processos. O objetivo não é produzir dados, mas sim que estes nos permitam tomar as melhores decisões para sermos mais eficientes na utilização dos diferentes recursos (água, energia, fertilizantes, produtos fitofarmacêuticos). É importante identificar indicadores que nos permitam monitorizar variáveis em painéis de avaliação.
- Capacidade de combinar os dados próprios com outros dados abertos ou dados de repositórios de dados. Devemos passar dos dados para a informação e, desta, para o conhecimento.
 - Cada vez mais, as administrações partilham dados abertos e de melhor qualidade de cada uma das campanhas de rega.
 - O Plano de Recuperação, Transformação e Resiliência (PRTR) em Espanha está a promover a digitalização do ciclo da água e a utilização de espaços abertos em cada um dos setores verticais.
- A exploração dos dados deve melhorar a transparência relacionada com a gestão da água.

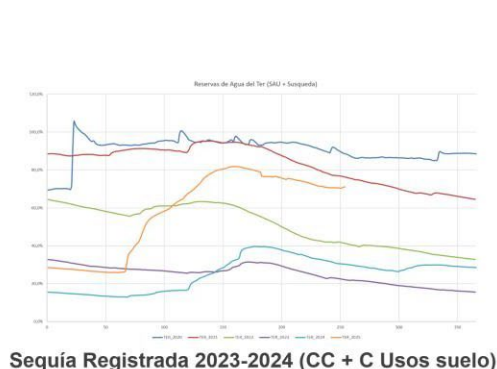
6.3. Exemplos de casos de sucesso e aprendizagem

6.3.1. Caso de sucesso. A zona de rega da região do Baix Ter (Catalunha)

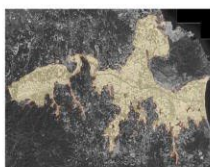
A região do Baix Ter reúne uma série de características (ver Figura 14) que a tornam um caso de sucesso a partilhar noutras zonas que pretendem transformar-se para melhorar a gestão da água através da sua digitalização.

- **Episódio recente de défice hídrico.** A bacia hidrográfica do rio Ter registou em 2023 e 2024 a seca mais significativa do último século na Catalunha, o que condicionou de forma muito significativa ambas as campanhas de rega. Enquanto noutros anos, durante o verão, as reservas das albufeiras da bacia do Ter estavam acima dos 80%, nesses dois anos ficaram abaixo dos 40%. Esta situação pode ser resultado das alterações climáticas, mas também de mudanças nos usos do solo (maior volume de floresta, o que reduz as contribuições), aumento da população equivalente, seja permanente (residencial) ou ocasional (turística), ou por novos motivos de procura (centros de dados, hidrogénio, usos recreativos, etc.). O registo um episódio de seca extrema deveria ajudar a consciencializar o setor de que a água pode ser um recurso cada vez mais escasso.

- **Execução das obras de modernização.** No âmbito do Plano de Modernização das Regas do Ministério da Agricultura, Pesca e Alimentação da Espanha, que está atualmente a ser executado pelo organismo SEIASA, existem cerca de uma centena de projetos por todo o país. É imprescindível que a Assembleia Geral das Comunidades decida avançar com o projeto de modernização, através de líderes que motivem a mudança. Após o episódio de seca, avançou-se com a modernização das Comunidades de Regantes da Barragem de Colomers e de Molí de Pals.
- **PERTE conjunto da Junta Central de Utilizadores do Baix Ter.** Este agrupamento de utilizadores, junta as quatro comunidades de regantes da zona do Baix Ter, entre outros utilizadores, que se apresentaram de forma conjunta à primeira chamada para candidaturas ao PERTE, tendo sido uma das propostas com melhor avaliação. Um dos desafios a ultrapassar é a tecnicidade multidisciplinar. Neste caso, facto de as quatro comunidades de regantes se terem unido, tirando partido das economias de escala, permitiu que estas pudessem aceder a estes apoios à digitalização.
- **Modernização e digitalização diferenciadas consoante a cultura.** Nestas comunidades de regantes observam-se dois tipos de culturas claramente diferenciados. Existem parcelas de plantação de maçã de indicação geográfica protegida “Manzana de Girona” com sistemas de rega em parcela modernizados e digitalizados, enquanto as culturas extensivas de luzerna ou milho apresentam sistemas de rega tradicionais. É um dos exemplos mais claros de como a rentabilidade das culturas condiciona o grau de modernização e digitalização ao nível da parcela.
- **Mas Badia, o centro de investigação do Baix Ter ligado à melhoria da gestão da água.** Para que haja inovação, é importante que os agricultores possam ver os projetos-piloto em parcelas e contextos que conhecem, e que exista uma proximidade entre os agricultores e os investigadores dos projetos-piloto. Nesta zona existe o centro, Mas Badia, onde se tem trabalhado no projeto-piloto do Gémeo Digital para a rega da maçã. Este é um dos oito exemplos que o IRTA pretende incorporar nos Agrolabs Digitais.



MEMORIA TÉCNICA PARA LA CONCURRENCIA COMPETITIVA PARA LAS AYUDAS PERTE DE DIGITALIZACIÓN DEL CICLO DEL AGUA. ORDEN TED/918/2023. JUNTA CENTRAL D'USUARIS D'AIGÜES DEL BAIX TER (JCUABT)



PERTE conjunto 4 CCRR (Tecnificación)

El MAPA ejecuta obras por valor de 43,3 millones de euros para ahorrar agua en regadíos de Girona



- Las comunidades de regantes de Pansa de Colomers y del Rec del Molí de Pals contarán con un sistema digitalizado de riego para mejorar la eficiencia hídrica.
- Las actuaciones beneficiarán a 1.274 familias que cultivan 3.492 hectáreas.

Modernización CCRR



Digitalización diferencial (Valor cultivo)



Centro de investigación IRTA

Figura 14. Síntese gráfica de cinco pontos característicos da zona de rega da região do Baix Ter.

6.3.2. Caso de sucesso. Projeto A3P (Antecipação, Planeamento e Gestão da captação de água para a agricultura), na região da Nova Aquitânia, França.

O objetivo deste projeto foi adaptar os sistemas agrícolas de rega de zonas-piloto, localizadas na região do Pays de la Loire e na Nova Aquitânia, às alterações climáticas através de um serviço digital de apoio à tomada de decisões. Para tal, recorreu-se à modelação agronómica e hidrológica, à inteligência artificial e a imagens de satélite. Desta forma, é possível antecipar as alterações nos recursos hídricos e ajustar as estratégias coletivas de rega em tempo real.

O impacto esperado deste projeto divide-se em três pontos-chave:

- A otimização das captações de água.
- A redução dos conflitos relacionados com a utilização da água.
- A melhoria da sustentabilidade dos sistemas de rega.

Orçamento: 4,5 milhões de euros ao longo de 5 anos (França 2030, gerido pela Bpifrance).

6.3.3. Caso de sucesso. Intervenção Uso Eficiente da Água (UEA) em Portugal

Em Portugal, foi criada uma medida agroambiental no âmbito do Programa de Desenvolvimento Rural (2015-2022) e do Plano Estratégico da PAC (2023-2027) para apoiar e incentivar a utilização eficiente da água na rega das culturas.

Em resumo, através desta medida agroambiental, era concedido um apoio financeiro anual, derivado da aplicação sucessiva de níveis de superfície, tipo de regante e grupos de culturas de regadio, com o compromisso do agricultor cumprir determinados requisitos, nomeadamente, a utilização de contadores de água, a elaboração de calendários de rega, a utilização de sensores para monitorizar o estado hídrico do solo e das plantas, imagens NDVI e auditorias aos sistemas de rega.

Os regantes que aderiram a este compromisso reduziram a dotação de rega por cultura num mínimo de 7,5 % em relação à situação de referência definida nas tabelas de atribuição de rega da Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR).

Este conjunto de requisitos impulsionou a digitalização das atividades de gestão da rega das culturas, com o objetivo principal de obter benefícios ambientais diretos através de uma melhor gestão dos recursos hídricos, permitindo poupanças efetivas no consumo de água de rega ao aumentar a eficiência da rega, promovendo a água para reutilização (ApR) como fonte alternativa, contribuindo para melhorar a qualidade da água através de uma gestão mais racional dos fertilizantes e aumentando a resiliência dos sistemas agrícolas em relação à escassez de água e às alterações climáticas.

6.3.4. Caso de aprendizagem. A digitalização produz dados 24 horas por dia, 7 dias por semana

Além dos casos de sucesso, pretende-se partilhar também um caso de aprendizagem que permita avançar, no sentido de não repetir erros em diferentes zonas de rega.

Observou-se em algumas comunidades de regantes que, apesar de estarem modernizadas e digitalizadas, com a possibilidade de dispor de dados horários/diários, apenas consultam, através de uma fotografia do contador, as leituras do início e do fim da campanha para saber o volume a faturar.

Uma das principais vantagens da digitalização é que o conjunto de sensores está a produzir dados 24 horas por dia, 7 dias por semana. Isto permite-nos dispor de informação para ajustar as doses de rega, otimizar os períodos de rega, identificar fugas de água, etc.

A condição necessária para que os projetos de digitalização possam avançar e para que se tire partido dos dados é que tanto as Comunidades de Regantes como as explorações disponham de um nível técnico adequado a cada uma das suas necessidades.

7. PLANOS DE AÇÃO

Inspirados pela Estratégia Smart Green Water, os territórios que impulsionem a digitalização dos seus sistemas de rega deverão definir e implementar planos de ação específicos. Estes planos devem adaptar-se às características e necessidades de cada território e estruturar-se num processo progressivo em quatro fases: em primeiro lugar, a atualização do diagnóstico territorial; em segundo lugar, a definição de ações em função dos objetivos estratégicos; em terceiro lugar, a formação em tecnologias digitais; e, em quarto e último lugar, a divulgação e adoção das tecnologias digitais no setor da rega.

7.1. Fase 1. Atualizar o diagnóstico territorial

Uma vez definida a estratégia de digitalização Smart Green Water de forma geral para todo o território Sudoe, deve-se atualizar/ampliar/concretizar o diagnóstico territorial para uma determinada região. As regiões são os principais destinatários desta estratégia.

Deve identificar-se qual é a intensidade de cada uma das barreiras e drivers (impulsionadores) definidos a partir das análises SWOT e PESTEL, para o caso específico de cada região onde se pretenda definir um Plano de Ação.

Após a identificação dos défices e pontos fortes em matéria de digitalização da rega, devem ser avaliados e priorizados **os objetivos gerais e específicos** de trabalho para a promoção da digitalização da rega.

Na tabela seguinte (Tabela 5) são apresentados alguns elementos que, como exemplo, podem servir de ajuda para a caracterização da fase de promoção da digitalização e, por conseguinte, para a definição de objetivos gerais.

Tabela 5. Proposta de objetivos e indicadores para a fase de promoção da digitalização da rega.

Objetivos de promoção da digitalização	Indicadores para a promoção da digitalização
1. Líderes que motivem a mudança	Inquérito qualitativo de opinião
2. Alterações legislativas que promovam a mudança	Textos legislativos a favor da digitalização
3. Linhas de apoio ou financiamento	Chamadas para candidaturas de apoios à digitalização Medidas de financiamento para a digitalização
4. Técnicos com formação interdisciplinar	Licenciados com relação direta com a rega Unidades curriculares adaptadas nos cursos superiores
5. Renovação geracional e retenção de talentos	Idade média das explorações Implementação de programas específicos
6. Jornadas de demonstração sobre a tecnologia digital disponível	Distribuição territorial Número de jornadas Perfil dos participantes
7. Conhecimento das características das diferentes ferramentas tecnológicas	Número de plataformas de divulgação Número de eventos de divulgação

Tabela 5. Proposta de objetivos e indicadores para a fase de promoção da digitalização da rega. (continuação)

8. Informação digitalizada e estruturada	Custo da água de rega (€/m³) Utilização da telegestão na rega (ha e % do total) Utilização de tarifas binomiais (ha e % do total) Utilização de água regenerada/dessalinizada (Hm³ e % do total)
9. Sensibilização para a necessidade de melhorar a eficiência na utilização da água	Inquérito qualitativo de opinião Grau de intensificação das culturas
10. Execução de infraestruturas de modernização	Modernização dos sistemas de rega existentes (ha) Novos sistemas de regadio (ha)
11. Sistemas de comunicação de apoio à rega (sistemas e redes de dados, interoperabilidade...)	Cobertura de superfícies irrigáveis com GPRS (%) Cobertura de superfícies irrigáveis com NB-IoT/5G (%)

Devem ser definidos, para cada território, os indicadores que permitam monitorizar a evolução da digitalização da rega. Os indicadores devem ser definidos de forma a permitir interpretar o grau de execução do objetivo previsto e a que sejam fáceis de recolher, quantificáveis ao longo do tempo e objetivos.

7.2. Fase 2. Definição de ações por objetivos

Uma vez definidos e priorizados os **objetivos gerais e específicos** para a promoção da digitalização da rega, devem ser definidas as **ações** concretas necessárias para alcançar esses objetivos. A experiência na digitalização do ciclo da água mostra que **este processo deve ser abordado de forma progressiva, priorizando as fases de promoção e preparação antes da implementação de projetos de digitalização**.

Estas ações devem adaptar-se às características e necessidades específicas de cada região do território Sudoe e permitir a implementação progressiva da Estratégia Smart Green Water à escala regional.

As ações para cada um dos objetivos devem ser priorizadas, orçamentadas e distribuídas geograficamente em função de cada um dos territórios. Para cada ação, deverá ser preenchida a seguinte informação:

- Descrição da informação.
- Medidas a desenvolver.
- Tipo de ação.
- Governação. Entidade competente e entidades envolvidas.
- Orçamento previsto por cada ano do período de execução.
- Financiamento.
- Período de execução.

Avaliar o que a digitalização traz para a agricultura de regadio de cada zona deve ajudar a priorizar as ações. Como critério geral, deve-se começar pelas comunidades de utilizadores que tenham um custo mais elevado da água, seja devido às bombagens necessárias ou porque realizam um tratamento prévio. É igualmente importante concentrar-se em zonas onde existam culturas de maior valor acrescentado (culturas hortícolas, frutícolas, uvas para a produção de vinho de qualidade, etc.).

Em matéria de transformação digital, mais do que os aspetos tecnológicos, os temas mais importantes são os relacionados com as pessoas, principalmente sob dois pontos de vista: a sua predisposição para a mudança e a sua formação interdisciplinar.

Na tabela seguinte (Tabela 6) são apresentados os principais objetivos da Estratégia para fomentar as competências digitais na gestão da rega na agricultura no território Sudoe. Foram adaptados os objetivos definidos no III Plano de Ação para a Digitalização (2024-2026) do Ministério da Agricultura da Espanha, às necessidades específicas da agricultura de regadio.

Tabela 6. Estrutura de definição de objetivos para categorizar as diferentes ações, adaptada do III Plano de Ação para a Digitalização (2024-2026) do MAPA (Ministério da Agricultura, Pesca e Alimentação) da Espanha.

01. Gestão da mudança (Transformação).	1. Sensibilizar para a necessidade de uma utilização eficiente da água.
	2. Partilhar os benefícios da digitalização.
	3. Promover a liderança para fomentar a mudança e a comunicação.
	4. Introduzir alterações legislativas e modificações nas normas relativas aos apoios
02. Observatório da digitalização da rega.	1. Inventário das necessidades de infraestruturas de regadio e telecomunicações.
	2. Alargar o conhecimento do setor para identificar as melhores iniciativas: preço da água, tarifas binomiais, intensificação das culturas, parcelamento, etc...
	3. Acompanhar a evolução da digitalização através do seguimento de indicadores quantitativos/qualitativos.
03. Reduzir os desníveis em matéria digital.	1. Formação interdisciplinar e captação de talentos.
	2. Centros de investigação e projetos-piloto nas zonas de regadio
	3. Jornadas de transferência de tecnologia.
	4. Melhoria da conectividade.
	5. Comunicação multicanal.
04. Desenvolvimento de projetos de digitalização.	1. Disponibilizar informação digitalizada e atualizada.
	2. Divulgar as soluções digitais.
	3. Assessoria no projeto de transformação digital
	4. Recursos para a digitalização destinados à administração, às comunidades de regantes e explorações agrícolas.
05. Fomentar a utilização de dados na agricultura de regadio. Digitalização	1. Acompanhamento para obter valor a partir dos dados.
	2. Interoperabilidade.
	3. Qualidade e quantidade de dados abertos.
	4. Espaços de dados.
	5. Garantir a cibersegurança.

Ao definir as ações dos projetos-piloto, devem ser priorizadas aquelas que têm maior impacto, seja na comunicação da comunidade para com os seus membros, como para com a sociedade em geral.

Em determinados territórios, existe uma lacuna significativa entre o nível tecnológico dos projetos de investigação e as práticas habituais das administrações, comunidades de utilizadores ou explorações individuais. Um dos principais desafios é como promover a mudança para reduzir essa lacuna e passar da investigação para a inovação.

Os departamentos de agricultura dos diferentes territórios dispõem de dados abertos relacionados com o setor. São publicados muitos dados, mas devemos analisar quais as variáveis que têm uma relação direta com o acompanhamento da modernização da rega e, especificamente, com a sua digitalização.

No Plano de Ação, deverá ser abordada a execução de programas de formação para diferentes perfis de utilizadores relacionados com a gestão da água na agricultura, desde a administração e as comunidades de utilizadores até aos responsáveis pelas explorações individuais. Na secção de anexos deste documento, são apresentados os temas de formação adaptados às necessidades da agricultura de regadio.

Um dos desafios das comunidades de utilizadores é conseguir dispor deste talento interdisciplinar nas zonas rurais, a um custo que seja suportável para essas entidades.

Ao nível do regante individual, também se deve garantir esta formação/acompanhamento para que possam escolher os sensores/plataformas que melhor se adaptam às suas necessidades, e passar de dispor de dados a ter informação que lhes permita tomar as melhores decisões.

Deve garantir-se a manutenção adequada, tanto dos ativos digitais como dos sensores que nos fornecem os dados.

7.3. Fase 3: Acompanhamento e avaliação dos resultados

O acompanhamento e a avaliação garantem que o Plano de Ação para a digitalização da rega avance de forma eficaz e alinhada com os objetivos estratégicos e específicos. Este processo permite medir os progressos, detetar desvios e ajustar as ações de acordo com as necessidades reais de cada território.

7.3.1. Sistema de acompanhamento

O sistema de **acompanhamento dos resultados do Plano de Ação** deve basear-se em:

1. Indicadores específicos, definidos na fase de diagnóstico. Os indicadores devem ser mensuráveis, comparáveis ao longo do tempo, fáceis de obter e interpretáveis.
2. Recolha periódica de dados provenientes de administrações, comunidades de regantes e sistemas digitais, etc.
3. Revisões periódicas dos dados e indicadores para detetar desvios, dificuldades em atingir os objetivos previstos, etc.
4. Avaliar a concretização dos objetivos definidos e orientar a tomada de decisões (propor correções e adaptações das ações propostas).

7.3.2. Indicadores-chave

A seguir, apresenta-se uma proposta de possíveis **indicadores-chave para o acompanhamento de um Plano de Ação** para a digitalização da rega numa região específica. A proposta é feita em termos gerais, pelo que cada região terá de os avaliar e validar, de modo a que, com base na

informação disponível e das possibilidades de recolha de dados, resultem em indicadores eficazes para o acompanhamento do Plano de Ação.

Assim, a título indicativo, enumeram-se e relacionam-se diferentes indicadores-chave agrupados em categorias:

1. Gestão da mudança e governação

- % de comunidades de regantes com planos de digitalização aprovados
- Número de líderes ou pessoas de referência formadas em gestão da mudança
- Número de regulamentos ou alterações legislativas aprovadas que favorecem a digitalização
- Grau de aceitação da mudança (inquéritos qualitativos anuais)
- Número de campanhas de comunicação realizadas sobre eficiência e digitalização

2. Formação e redução de desníveis em matéria digital

- Número de técnicos formados em competências digitais aplicadas à rega
- % de pessoal técnico com formação interdisciplinar acreditada
- Número de jornadas de demonstração realizadas e número de participantes
- Número de centros de investigação ou projetos-piloto ativos no território
- % de explorações que receberam acompanhamento técnico na adoção de tecnologias

3. Digitalização de infraestruturas e dados

- % da superfície irrigável com sistemas de telegestão operacionais
- Número de sensores instalados e em funcionamento (humidade, caudal, pressão, clima...)
- % de comunidades de regantes com informação digitalizada e atualizada
- % de explorações que utilizam plataformas digitais de gestão da rega
- Volume de dados gerados e armazenados (GB/ano)
- % de dados interoperáveis entre administrações, comunidades e explorações

4. Conectividade e sistemas de comunicação

- Cobertura GPRS, NB-IoT e 5G na superfície irrigável (%)
- Número de incidentes de conectividade registados por trimestre
- % de sensores ligados em tempo real
- Tempo médio de transmissão de dados do campo para a plataforma

5. Eficiência hídrica e energética

- Redução do consumo de água por hectare (m^3/ha)
- Redução do consumo energético associado à rega (kWh/ha)
- % de explorações que aplicam rega baseada em dados
- Aumento da utilização de água regenerada (ou água para reutilização) ou dessalinizada (%)
- % de comunidades que aplicam tarifas binomiais ou inteligentes

6. Impacto económico e produtivo

- Redução do custo da água para o utilizador final ($\text{€}/\text{m}^3$)
- Aumento do valor acrescentado das culturas em zonas digitalizadas
- Retorno do investimento (ROI) dos projetos-piloto
- % de explorações que relatam melhorias na produtividade graças à digitalização

7. Adoção tecnológica e maturidade digital

- Índice de maturidade digital da rega (escala 1–5)

- % de comunidades de regantes que utilizam plataformas interoperáveis
- % de explorações que integram dados de sensores na tomada de decisões
- Número de soluções digitais validadas e adotadas no território

8. Manutenção e sustentabilidade do sistema

- % de sensores operacionais em relação ao total instalado
- Tempo médio de resolução de incidências técnicas
- Número de atualizações ou renovações de ativos digitais por ano
- % do orçamento executado em manutenção preventiva

9. Observatório da digitalização da rega

- Número de indicadores atualizados anualmente
- Número de relatórios publicados pelo observatório
- Número de *datasets* (conjuntos de dados) abertos disponíveis
- % de dados validados e auditados

7.3.3. Avaliação dos resultados

O procedimento de acompanhamento e avaliação dos indicadores do Plano de Ação deve ser regular. Em função da capacidade de geração e recolha de dados, deve definir-se a periodicidade das tarefas de acompanhamento do Plano de Ação, que podem concretizar-se em:

- i. Acompanhamento operacional (trimestral/semestral): atualização de indicadores, controlo da execução e manutenção de ativos digitais.
- ii. Acompanhamento estratégico (anual): avaliação global do Plano, revisão de objetivos e publicação de um relatório anual.
- iii. Avaliação final: análise do impacto real do Plano no final do período programado e recomendações para ciclos futuros.

8. A ESTRATÉGIA RIS3 PARA A DIVULGAÇÃO DAS TECNOLOGIAS

Para expandir a utilização de novas tecnologias, propôs-se inicialmente fazê-lo através de sistemas de inovação de 3 hélices: em primeiro lugar, a Universidade, que é responsável pela investigação básica; em segundo lugar, a Empresa, que produz bens e serviços para a sua montagem e desenvolvimento; e, em terceiro lugar, a Administração Pública, responsável pela regulamentação, normatividade, financiamento ou coordenação/planeamento estratégico, entre outros. Posteriormente, foi incorporada uma quarta hélice que inclui a Sociedade: cidadãos como utilizadores finais e beneficiários, canais de comunicação, sensibilização, educação, transparência, etc.

Por outro lado, se tivermos em conta que as comunidades de regantes são organismos ligados aos Organismos administradores de Bacias Hidrográficas, poderiam ser consideradas como uma das três hélices iniciais. O que é realmente importante é que a digitalização da rega seja feita tendo em conta as comunidades de regantes e as explorações individuais, porque são elas os utilizadores finais da tecnologia. Os regantes representam uma pequena percentagem da sociedade e concentram-se em zonas rurais, pelo que é muito importante analisar através de que canais de comunicação devemos chegar a estes cidadãos.

Além disso, é de grande importância definir em cada território quais são os principais canais de comunicação, os criadores de conteúdo ou pessoas de referência para comunicar o que a digitalização do uso da água na agricultura traz de benefício. Devem realizar-se jornadas e encontros, e partilhar-se artigos técnicos, mas sobretudo artigos de divulgação que permitam passar da investigação à inovação.

Nos projetos de cooperação e nas jornadas e encontros, tal como referido na análise SWOT, deve existir um equilíbrio entre os participantes do âmbito tecnológico e os beneficiários destas tecnologias.



Figura 15. Categorização dos parceiros e associados do projeto Smart Green Water.

A **Estratégia RIS3** (Estratégia de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente) é um quadro de planeamento regional orientado para impulsionar o desenvolvimento económico e a competitividade através da investigação, da inovação e do empreendedorismo, integrando os agentes do ecossistema regional sob a abordagem das quatro hélices (administrações públicas, empresas, universidades e sociedade). A origem destes documentos estratégicos à escala regional situa-se na União Europeia, que procura que os investimentos em investigação e inovação financiados com fundos comunitários sejam coerentes e maximizem o impacto no desenvolvimento económico e social dos territórios.

As estratégias RIS3 são concebidas e implementadas pelos governos regionais, que definem as prioridades de especialização inteligente e os desafios estratégicos do território. Entre estes desafios, a melhoria da eficiência na utilização da água, a transição ecológica e a digitalização dos setores produtivos ocupam frequentemente um papel de destaque.

Neste contexto, os territórios do espaço Sudoe poderão adaptar e alinhar os seus Planos de Ação para a digitalização da rega com as respetivas estratégias RIS3, de modo a que as ações propostas se integrem nas prioridades regionais de inovação, especialização inteligente e desenvolvimento sustentável, favorecendo ainda a cooperação inter-regional e a mobilização dos principais agentes do setor (administração, universidade, centros de investigação e empresas do setor).

Considera-se de interesse estratégico que os projetos-piloto desenvolvidos neste projeto, ou outros relacionados com a digitalização da rega, sirvam para que os utilizadores finais dos sistemas de rega de cada uma das regiões possam observá-los em parcelas próximas.

9. EQUIPA REDATORA

O presente documento foi elaborado por dois engenheiros agrónomos, ambos com uma sólida formação técnica e uma trajetória profissional ligada ao estudo, desenvolvimento, modernização e digitalização do setor da rega na agricultura. A combinação dos seus perfis proporciona uma visão integral e complementar, que enriquece a análise e as propostas contidas neste documento.

Ignasi Servià Goixart possui uma vasta experiência na área da rega, tendo participado durante anos em projetos de transformação e melhoria das infraestruturas hidráulicas da Catalunha, bem como em iniciativas de digitalização orientadas para a otimização da gestão da água e dos recursos agrícolas. O seu profundo conhecimento do setor, tanto do ponto de vista técnico como institucional, tem sido fundamental para contextualizar adequadamente os desafios atuais e as oportunidades de inovação.

Fernando López Mariño oferece uma perspectiva mais orientada para a consultoria estratégica, com experiência na conceção e implementação de soluções tecnológicas aplicadas ao setor agrícola. A sua participação permitiu incorporar abordagens alinhadas com as tendências atuais em matéria de transformação digital.

A redação do presente documento foi realizada sob a direção técnica de **Ricard Poch Masegú**, técnico da Direção-Geral de Regadios e Espaços Agrícolas do Departamento de Agricultura, Pecuária, Pesca e Alimentação da *Generalitat de Catalunya* (Governo Autónomo da Catalunha).

A colaboração entre diversos técnicos do setor da rega garantiu uma abordagem rigorosa, equilibrada e orientada para os resultados, com o objetivo de oferecer um documento útil para a tomada de decisões e o planeamento de futuras ações no âmbito da rega.

10. MATERIAL CONSULTADO

- Estratègia RIS3.

- [Estrategias de Especialización Inteligente de España 2021-2027.](#)
- [Estrategia de Innovación de Andalucía 2020. RIS3 Andalucía.](#)
- [Estrategia de Investigación e Innovación para la gestión inteligente de Extremadura 2021-2027.](#)
- [Estrategia de investigación para una especialización inteligente \(RIS3\) de Castilla y León \(2021-2027\).](#)
- [Estrategia de Especialización inteligente de Castilla – La Mancha. 2021-2027.](#)
- [Estrategia para la especialización inteligente de Catalunya 2030.](#)
- [Estrategia Regional de innovación para una innovación Illes Balears. RIS-3. Illes Balears 2021-2027.](#)
- [Cross-Border Smart Specialisation Strategy of The Galicia-Northern Portugal Euroregion. RIS3T. 2021-2027.](#)
- [Estrategia S3 Aragón. 2021-2027.](#)
- [Estrategia de especialización inteligente de Navarra. Actualización 2021-2027](#)
- [Estrategia de Especialización inteligente de la Comunidad Valenciana. S3-CV 2021-2027.](#)
- [Estrategia de especialización inteligente S3. 2021-2027. Madrid.](#)
- [Estrategia de investigación e innovación para la especialización inteligente y Sostenible de la Región de Murcia 2021-2027.](#)
- [Estrategia de Especialización inteligente \(S3\) de la Rioja 2021-2027.](#)
- [Estrategia de Especialización inteligente de Canarias. RIS 3 ampliada.](#)
- [Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación Euskadi 2030.](#)
- [Regional Innovation Scoreboard 2023. European Commission.](#)

- Ministério da Agricultura, Pesca e Alimentação da Espanha (MAPA).

- Observatorio de la Sostenibilidad del Regadío. [Superficie de regadío y Comarcas agrarias. Mapa general.](#) 2023.
- Observatorio para la digitalización del Sector Agroalimentario. [Análisis del estado de la actualización del sector agroalimentario español.](#) Convenio MAPA-Grupo Cooperativo Cajamar. Mayo 2023.
- Observatorio para la digitalización del Sector Agroalimentario. [Análisis del estado de la actualización del sector agroalimentario español.](#) Convenio MAPA-Grupo Cooperativo Cajamar. Junio 2024.
- Observatorio para la digitalización del Sector Agroalimentario. Artículo. [La transformación digital en la agricultura española.](#) Diciembre 2024.
- Observatorio para la digitalización del Sector Agroalimentario. Sector Agrifood Tech. [Tecnologías, productos y servicios para la transformación digital del sector agroalimentario español.](#) Diciembre 2023.

- Observatorio para la digitalización del Sector Agroalimentario. [Análisis de necesidades y oportunidades asociadas a la digitalización del sector agroalimentario español](#). Diciembre 2023.
- Observatorio para la digitalización del Sector Agroalimentario. [Diagnóstico y análisis de la situación de partida](#). Abril 2022.
- [Estrategia de digitalización](#). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- [I Plan de Acción 2019-2020](#). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- [Memoria de seguimiento y evaluación del I Plan de Acción 2019-2020](#) Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- [II Plan de acción 2021-2023](#) Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- [Memoria de seguimiento y evaluación del II Plan de Acción 2021-2023](#) Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- [III Plan de acción 2024-2026](#) Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- **Ministério da Transição Ecológica e do Desafio Demográfico**
 - Ordem [TED/918/2023](#), de 21 de julho, bases regulamentares para a concessão de apoios por concurso público para a elaboração de projetos de digitalização de comunidades de utilizadores de água para rega no âmbito do Plano de Recuperação, Transformação e Resiliência (PERTE para a digitalização do ciclo da água), com aprovação do concurso do ano de 2023.
 - Ordem [TED/1148/2024](#), de 18 de outubro, bases regulamentares para a concessão de apoios por concurso público para a elaboração de projetos de digitalização de comunidades de utilizadores de água para rega no âmbito do Plano de Recuperação, Transformação e Resiliência (PERTE para a digitalização do ciclo da água), com a aprovação do concurso do ano de 2023; e pela qual se aprova o segundo concurso de subsídios (2024).
- **Projetos Sudoe.**
 - I-ReWater: Gestão sustentável dos recursos hídricos na agricultura de regadio no espaço Sudoe. E 1.4.1. Analysis of Strategies/Policies for the Use of Reclaimed Water - Sudoe Technical Report April 2025.
 - Smart Green Water. Resumo das necessidades dos agricultores em matéria de gestão digitalizada da água. E 1.2.1.
 - Smart Green Water. Divulgação de soluções inovadoras e desenvolvimento de capacidades para a rega inteligente. E 1.2.2.
 - Smart Green Water. Plano de Comunicação do projeto. E 1.6.1.
 - Smart Green Water. Página da internet do projeto. E 1.6.2.
 - Smart Green Water. Vídeo de apresentação do projeto SGW. E 1.6.4.
 - Smart Green Water. Newsletter do projeto SGW. E 1.6.5.
 - Smart Green Water. Recomendações aos utilizadores (regantes e comunidades de regantes). E 2.5.3
 - Smart Green Water. Recomendações aos criadores de soluções e fornecedores de serviços relacionados com a digitalização da água na rega. E 2.5.4
- **Outros.**
 - [Web PESTLE Analysys](#)

11. ANEXOS À ESTRATÉGIA

11.1. Anexo I. Antecedentes

- Em 24 de outubro de 2024, o gabinete técnico do Departamento de Agricultura, Pecuária, Pesca e Alimentação da *Generalitat de Catalunya* adjudicou à NTT DATA o Processo AG-2024-1609, Assistência técnica para a elaboração do protótipo da estratégia transnacional Smart Green Water para fomentar as competências digitais na gestão da rega agrícola no território Sudoe (sudoeste da França e Península Ibérica), no âmbito do projeto Interreg-Sudoe “Smart Green Water: difusão de soluções inovadoras e desenvolvimento de capacidades para a rega inteligente” (s1/1.4/f0080), cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), com data final de execução a 31 de dezembro de 2024.
- Posteriormente, em abril de 2025, o gabinete técnico do Departamento de Agricultura, Pecuária, Pesca e Alimentação da *Generalitat de Catalunya* adjudicou à NTT DATA o Processo AG-2025-29 “Serviço de apoio técnico ao pessoal do DARPA para a elaboração da Estratégia transnacional Smart Green Water e de um plano de ação para 2025 - 2030 para a implementação desta estratégia na Catalunha no âmbito do projeto INTERREG-Sudoe “Smart Green Water: Divulgação de soluções inovadoras e desenvolvimento de capacidades para a rega inteligente”.

11.2. Anexo II. Projetos Interreg Sudoe relacionados com a água

O programa de cooperação Interreg Sudoe está a executar simultaneamente, para este período, 10 projetos relacionados com a água. A estratégia dos diferentes projetos relacionados com a água deve estar orientada na mesma direção. Esta informação foi partilhada numa publicação no site da “iagua”.

- <https://www.iagua.es/blogs/ignasi-servia-goixart/10-34-proyectos-cooperacion-acti-vos-interreg-Sudoe-son-agua>
 - **ALERT-PFAS:** Estratégia transnacional para detetar e prevenir a contaminação por PFAS.
 - **AQUAPRED:** Sistema de controlo e prevenção de contaminantes em águas minerais-medicinais através de IA.
 - **GestEAUr:** Gestão Sustentável e Digitalizada da Água em espaços rurais do espaço Sudoe.
 - **I-ReWater:** Gestão sustentável dos recursos hídricos na agricultura de regadio no território Sudoe.
 - **Phos4Cycle:** Monitorização de fosfatos em atividades agro-pecuárias para a utilização sustentável do solo e da água.
 - **RURAL TRANSITION LABS:** Uma abordagem inovadora e sistémica à adaptação às alterações climáticas.
 - **SMART GREEN WATER:** Difusão de Soluções Inovadoras e Capacitação para a Rega Inteligente.
 - **SOLLAGUA:** Soluções baseadas na natureza (SBN) e “living labs” para a reutilização rural da água

- **TARGET:** Estratégia Territorial para a Escassez de Água
- **ThermEcoWat:** Reforçar a resiliência dos ecossistemas ligados às águas termais

Foram também publicados 3 artigos no site da “iagua” para ajudar a divulgar, entre os agentes do setor da rega e da sua transformação digital, diferentes ideias do projeto Smart Green Water, com o objetivo de que preenchessem um inquérito sobre soluções digitais.

- Apresentação dos parceiros e associados do projeto SGW.
 - <https://www.iagua.es/blogs/ignasi-servia-goixart/proyecto-smart-green-water-y-otras-relaciones-internacionales-gestion>
- Estudo de caracterização das ferramentas digitais de apoio à rega, com o objetivo de aumentar a participação no inquérito.
 - <https://www.iagua.es/blogs/ignasi-servia-goixart/sgw-botella-mar-digitalizacion-agricultura-regadio>

11.3. Anexo III. Atualização das superfícies irrigáveis e regadas, de acordo com o Eurostat (26/09/2025)

A 26 de setembro de 2025, o Eurostat publicou as superfícies irrigáveis e regadas dos diferentes países. A tabela seguinte apresenta os dados relativos aos 3 países da zona Sudoe.

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ef_fsi_irri/default/table?lang=en Algumas

conclusões da tabela.

- No que diz respeito à superfície irrigável, não existem dados disponíveis para a França e, no caso da Espanha, regista-se uma perda de superfície irrigável de 175 050 ha.
- No que diz respeito à superfície efetivamente regada, não existem dados disponíveis para a França e, no caso da Espanha, regista-se uma perda de superfície regada em 2023, em relação a 2016, de 335 250 ha, enquanto Portugal regista um aumento de 111 240 ha de superfície regada.
- A proporção da superfície regada em relação à superfície irrigável apresenta valores entre 85 e 90%, enquanto no caso da França a superfície efetivamente regada nos últimos 2 anos com dados disponíveis situa-se em valores próximos dos 50%.

Tabela 11. Série histórica da superfície Irrigável e regada dos diferentes países do território Sudoe (Eurostat 26/09/2025).

PERÍODO	2005	2007	2010	2013	2016	2020	2023
Área agrícola útil irrigável							
União Europeia - 27 países (a partir de 2020)		14 980 680	14 702 960	15 345 590	15 175 550	16 159 870	
Espanha	3 765 130	3.671.340	3.617.920	3.542.780	3 597 080	3.689.050	3.514.000
França	2 706 480	2 670 340	2 341 200	2 811 440	2 690 690	2 881 700	
Portugal	616 970	583 740	540 880	551 760	548 250	614 120	637 340

Tabela 12. Série histórica da superfície irrigável e regada dos diferentes países do território Sudoe (Eurostat 26/09/2025) (continuação)

PERÍODO	2005	2007	2010	2013	2016	2020	2023
Área agrícola utilizada e regada							
União Europeia - 27 países (a partir de 2020)	10 215 720 10 030 130 10 184 080 10 130 450						
Espanha	3 364 530	3.266.330	3.045.220	2 898 970	3 074 570		2 739 320
França	1 696 370	1.511.730	1.583.610	1.423.640	1 366 510		
Portugal	453 540	421 520	466 330	477 160	474 110		585 350

TIME	2005	2007	2010	2013	2016	2020	2023
% Regada vs. Irrigável							
União Europeia - 27 países (a partir de 2020)	68% 68% 66% 67%						
Espanha	89%	89%	84%	82%	85%		78%
França	63%	57%	68%	51%	51%		
Portugal	74%	72%	86%	86%	86%		92%

11.4. Anexo IV. Adaptação e atualização dos programas de ensino

É importante a adaptação e atualização constantes dos programas de ensino dos engenheiros agrónomos e de outros licenciados relacionados com a digitalização da agricultura de regadio. Como exemplo, partilhamos a distribuição dos programas de ensino de duas formações relacionadas.

- A Subdireção-Geral de Regadios, Caminhos Naturais e Infraestruturas Rurais realizou, em 2025, o V Curso Internacional de Design, Gestão e Inovação da Rega. Os blocos que esta formação abrange são os seguintes.
 - Módulo 1. Agronomia da rega. (Necessidades hídricas e fundamentos da fertirrigação)
 - Módulo 2. Fundamentos de hidrologia e hidráulica.
 - Módulo 3. Conceção e projetos de sistemas de rega.
 - Módulo 4. Engenharia da rega. Distribuição de redes e bacias.
 - Módulo 5. Inovação na rega (Otimização energética, sistemas de automação e telecontrolo. Teledeteção. Rega com recursos não convencionais).
 - Bloco 6. Avaliação ambiental de projetos de rega, estudos de segurança e saúde e novas tecnologias (Drones, Big Data, BIM).
- A Universidade de Córdoba ministra um Mestrado em Transformação Digital do Setor Agroalimentar e Florestal (<https://digitalagri.es/>) com a seguinte distribuição de disciplinas.
 - Disciplina 1. Conceitos, técnicas e ferramentas para a análise de dados (I)
 - Disciplina 2. Conceitos, técnicas e ferramentas para a análise de dados (II)
 - Disciplina 3. Arquitetura de Big Data e Computação em Nuvem (*Cloud Computing*)
 - Disciplina 4. Análise de Big Data e Supercomputação.
 - Disciplina 5. Sistemas IoT e plataformas de dados
 - Disciplina 6. Estratégias de monitorização com sensores remotos.
 - Disciplina 7. Estratégias de monitorização com sensores de proximidade
 - Disciplina 8. Agricultura de Precisão.
 - Disciplina 9. Inteligência Artificial aplicada a séries temporais

- Disciplina 10. Rastreabilidade e sistemas de apoio à decisão na cadeia agroalimentar
- Disciplina 11. Estágios curriculares externos.
- Disciplina 12. Trabalho de Conclusão de Mestrado.

No caso das explorações individuais, também se identificou que deve haver um acompanhamento aos responsáveis técnicos dessas explorações. Em mais do que uma entrevista, surgiu a ideia de que se deveriam recuperar os serviços de extensão agrícola que prestam acompanhamento técnico.

11.5. Anexo V. Painel Europeu da Inovação (2025)

A União Europeia dispõe de um [Painel Europeu da Inovação](#) que apresenta uma avaliação comparativa do desempenho em investigação e inovação dos Estados-Membros da UE e de outros países europeus a nível regional entre 2018 e 2025. Este painel ou quadro de indicadores tem como objetivo ajudar os decisores políticos a avaliar as forças e as fraquezas relativas dos seus sistemas de inovação regionais ou nacionais e a identificar os desafios que devem enfrentar. Todas as pontuações do painel estão indexadas ao desempenho da UE em 2018.

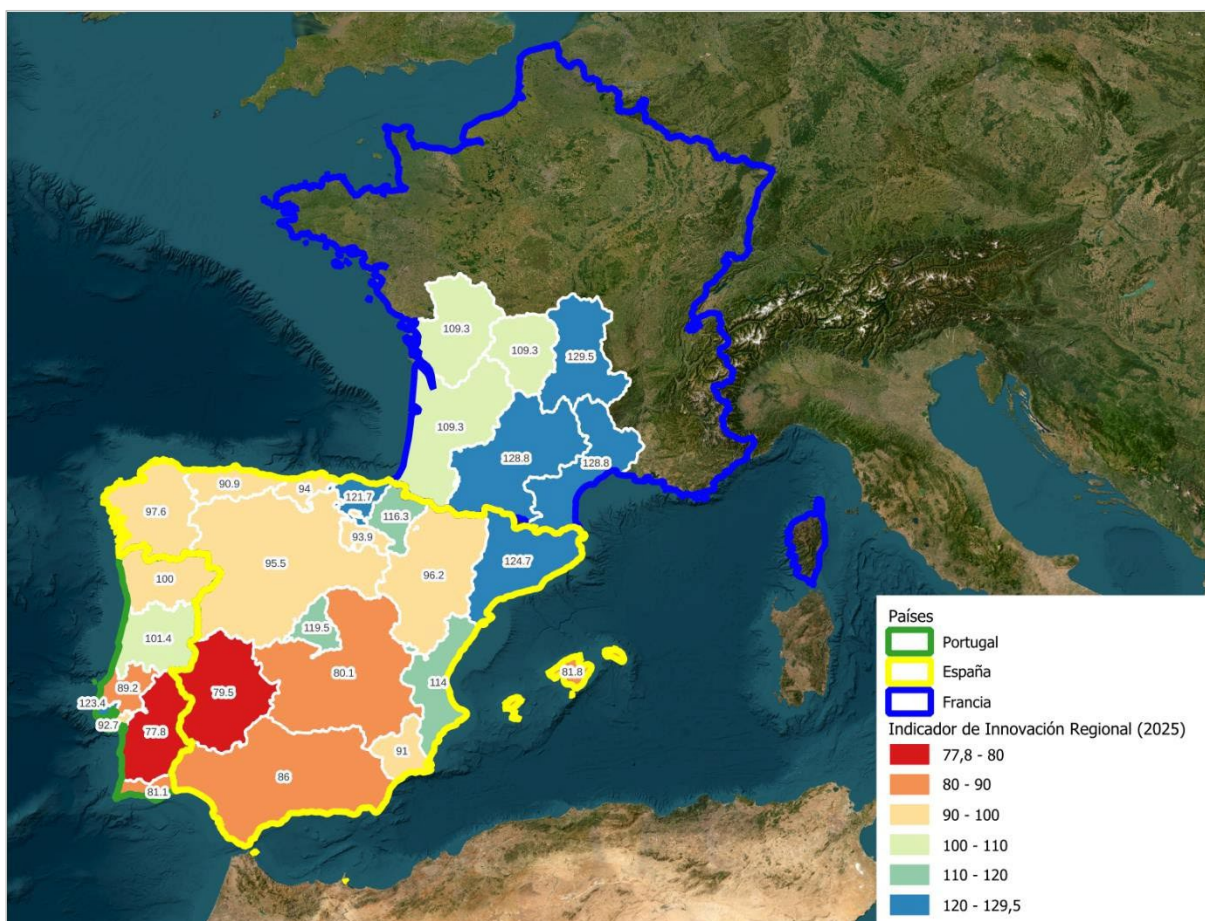


Figura 16. Painel Europeu da Inovação no território Sudoe para o ano de 2025.

Estes indicadores de inovação regional do painel referem-se ao conjunto dos diferentes setores económicos, que frequentemente apresentam diferenças significativas no que diz respeito à inovação realizada na digitalização da rega.