



IoT Agrícola Prático

Guia para a digitalização do
campo

Julho/2026

Critérios de utilização responsável

Digitalizar não transfere a responsabilidade sobre a segurança dos alimentos, a conformidade, a qualidade nem a continuidade operacional.

Leitura técnica e regulamentar

O **Regulamento (CE) n.º 178/2002** estabelece a rastreabilidade dos géneros alimentícios, alimentos para animais, animais produtores de géneros alimentícios e substâncias destinadas a ser incorporadas em alimentos, em todas as fases pertinentes da produção, transformação e distribuição. Os registos IoT podem reforçar essa capacidade, mas não substituem a obrigação de identificar fornecedores, clientes e fluxos.

Os requisitos de higiene e segurança aplicáveis dependem do setor, do produto, da atividade e do mercado. Os **Regulamentos (CE) n.º 852/2004** e **n.º 853/2004**, quando aplicável, devem ser lidos em conjunto com a legislação setorial, as orientações das autoridades competentes e o sistema de segurança alimentar da organização.

Data de fecho editorial

A legislação e as referências foram verificadas para esta edição em junho de 2026. Antes de contratar ou implementar, confirme a versão em vigor e a aplicabilidade ao caso concreto.

Nota sobre imagens e elementos visuais: Algumas imagens, ilustrações e elementos visuais presentes neste guia foram desenvolvidos com recurso a ferramentas de inteligência artificial generativa, podendo ter por base informação técnica proveniente das referências devidamente identificadas. Estes elementos visuais têm finalidade ilustrativa e pedagógica, não substituindo a consulta das fontes citadas nem a validação técnica no contexto concreto de cada exploração.

Índice

Nota Introdutória	8
Um guia prático para digitalizar o campo	8
A quem se destina este guia?	9
Módulo 1 - O Território e os Desafios da Digitalização Agrícola	10
Douro, Alto Tâmega e Barroso e Tâmega e Sousa	11
Breve leitura territorial.....	11
Diversidade produtiva e importância do setor agroalimentar	12
Diversidade produtiva com força territorial.....	12
Peso económico e agroindustrial do setor.....	13
Desafios comuns dos territórios abrangidos	14
Territórios diferentes, desafios convergentes	14
Pequena escala, fragmentação e pressão sobre os recursos.....	15
Variabilidade meteorológica, sanidade vegetal e incêndios	16
Competências, dados e adoção digital.....	17
Módulo 2 - Enquadramento Técnico: O que é a IoT Agrícola	18
Internet das Coisas na agricultura: conceito e utilidade	19
O que é a IoT?	19
Sensores, dispositivos conectados e plataformas digitais	21
Comunicação entre o campo e o sistema digital	23
Plataformas digitais e visualização de dados	24
Que dados podem ser recolhidos no campo	25
Solo, água e clima: os dados mais usados no campo	26
Cultura, localização e dados complementares	27
Da monitorização ao apoio à decisão	28
Módulo 3 – Sensores no campo e recolha de dados	29
Sensores para o solo e água.....	30

Humidade e temperatura do solo	30
Tensão da água, nível, caudal e qualidade da água	31
Temperatura, humidade, irradiância solar e precipitação.....	32
Sensores para clima e condições ambientais	32
Vento, pressão atmosférica, qualidade do ar e cuidados de instalação	33
Humectação foliar e risco de doença	34
Sensores para culturas, nutrientes e risco agronómico	34
Imagem, pragas, fenologia, nutrientes e stress hídrico	35
Estações meteorológicas agrícolas e redes de sensores.....	36
Módulo 4 – Aplicações práticas da IoT agrícola	37
Gestão inteligente da rega.....	38
Monitorização regular da temperatura e das condições ambientais	39
Apoio à decisão de nutrientes e fertilização	40
Vigilância de doenças, pragas e défice hídrico apoiada por dados ambientais	41
Aplicações em viticultura, fruticultura, olival, castanheiro e pequenas explorações.....	42
Aplicações por cultura e realidade produtiva	42
Como começar em pequenas explorações	43
Módulo 5 – Alterações de processo: da gestão tradicional à agricultura de precisão	44
De observações pontuais para monitorização contínua	45
De registos manuais para dados digitais organizados.....	46
Organizar a informação útil para a gestão do campo	46
De decisões por perceção para decisões apoiadas por dados.....	47
Da intervenção tardia para alertas e resposta mais rápida	48
Controlo remoto da produção: rega, equipamentos de campo e operações simples	49
Módulo 6 – Benefícios, barreiras e fatores críticos de sucesso	50
Benefícios operacionais para as PME agrícolas	51
Melhor gestão da água, dos recursos e das decisões	51

Menos deslocações, melhor acompanhamento e organização do trabalho	52
Eficiência hídrica e redução de desperdícios	53
Benefícios ambientais e contributo para a sustentabilidade	53
Fatores de produção, adaptação climática e impacto real.....	54
Barreiras à adoção da IoT agrícola	55
Fiabilidade, interoperabilidade e governação dos dados	56
Fatores críticos de sucesso na adoção da IoT agrícola.....	57
Manter valor: dados, fornecedores e avaliação de resultados	58
Módulo 7 – Fichas práticas de autoavaliação e planeamento de próximos passos	59
Ficha 1 – A minha exploração está pronta para começar?	60
Ficha 2 – Que problema quero resolver primeiro?	61
Ficha 3 – Que dados preciso de recolher?	62
Ficha 4 – Que solução IoT devo escolher?	63
Ficha 5 – Plano simples de implementação em 30, 60 e 90 dias	64
Síntese Final	65
Glossário	66
Referências bibliográficas e técnicas	71
Ficha Técnica	76

Índice de Figuras

Figura 1 - Como a IoT agrícola apoia a decisão	8
Figura 2 - O que este guia ajuda a decidir	9
Figura 3 - Mapa das sub-regiões em destaque	11
Figura 4 - Fileiras presentes nos territórios abrangidos	12
Figura 5 - Indústria agroalimentar do Norte em 2021	13
Figura 6 - Especialização territorial e agroalimentar	13
Figura 7 - Densidade populacional por sub-região NUTS III, 2024 (habitantes por km ²)	14
Figura 8 - Estrutura agrícola da Região do Norte, em 2023	15
Figura 9 - Recursos Hídricos	15
Figura 10 - Monitorizar para antecipar riscos	16
Figura 11 - Principais barreiras à adoção digital	17
Figura 12 - Funcionamento básico da IoT agrícola no apoio à decisão	19
Figura 13 - Utilidade da IoT agrícola no campo	20
Figura 14 - Exemplo de percurso dos dados num sistema agrícola	21
Figura 15 - Função dos principais componentes num sistema IoT agrícola	21
Figura 16 - Do sensor ao dispositivo conectado	22
Figura 17 - Comunicação na IoT agrícola	23
Figura 18 - Plataforma digital de dados de campo	24
Figura 19 - Da necessidade concreta ao dado certo	25
Figura 20 - Dados de solo, água e clima	26
Figura 21 - Parâmetros e utilidade técnica	27
Figura 22 - Dos dados do campo à informação útil	28
Figura 23 - Apoio à decisão no dia a dia	28
Figura 24 - Exemplos de princípios de medição da água no solo; a inclusão de modelos comerciais é ilustrativa e não constitui recomendação	30
Figura 25 - Sensores para monitorização do solo e da água: aplicações e critérios de utilização	31
Figura 26 - Instalação de sensores meteorológicos	32
Figura 27 - Parâmetros meteorológicos mencionados nos artigos analisados	32
Figura 28 - Parâmetros ambientais complementares e cuidados de instalação	33
Figura 29 - Sensores de humectação foliar e integração de dados microclimáticos	34
Figura 30 - Dados complementares para acompanhar a cultura e apoiar decisões localizadas	35

Figura 31 - Arquitetura integrada de sensores.....	36
Figura 32 - Usar dados do campo para apoiar decisões sobre quando, quanto e onde regar ..	38
Figura 33 - Parâmetros ambientais monitorizados e aplicações práticas na PME agrícola	39
Figura 34 - Apoio da IoT à fertilização e à fertirrega na PME agrícola	40
Figura 35 - Vigilância mais focada com o apoio dos dados do campo	41
Figura 36 - Aplicações da IoT em diferentes culturas e contextos agrícolas.....	42
Figura 37 - Critérios de seleção e implementação da IoT em contextos agrícolas	43
Figura 38 - Acompanhar a exploração entre visitas ao campo	45
Figura 39 - Da dispersão à organização.....	46
Figura 40 - Complementar a experiência do produtor com informação regular do campo	47
Figura 41 - Alertas digitais para agir mais cedo	48
Figura 42 - Controlo remoto da rega: implementação gradual e segura numa PME agrícola ..	49
Figura 44 - Como a IoT gera valor	51
Figura 43 - Onde os benefícios mais se destacam	51
Figura 45 - Benefícios operacionais mais relevantes para PME	52
Figura 46 - Como a IoT cria valor no dia a dia	52
Figura 47 - Impactos práticos para a exploração	52
Figura 48 - Eficiência hídrica: o benefício mais evidente	53
Figura 49 - Na prática, a IoT pode ajudar a PME a:.....	53
Figura 50 - Redução de desperdícios com prudência.....	53
Figura 51 - Condições para gerar valor com a IoT agrícola.....	54
Figura 52 - Custos, conectividade e competências.....	55
Figura 53 - Barreiras à adoção da IoT agrícola na PME	56
Figura 54 - Começar bem: problema, escala e condições de base	57
Figura 55 - Validação e expansão segura da IoT agrícola	58

Nota Introdutória

Um guia prático para digitalizar o campo

A digitalização do campo pode apoiar as micro, pequenas e médias empresas com atividade de produção agrícola na gestão diária da produção, na utilização mais eficiente dos recursos e no acompanhamento de condições que influenciam a decisão.

Este guia foi desenvolvido no âmbito do projeto **AgroNet Forward: Digitalizar o Agroalimentar do Douro Tâmega**, com o objetivo de apoiar PME agrícolas, técnicos e organizações que as acompanham na compreensão da Internet das Coisas aplicada à agricultura.

A Internet das Coisas aplicada à agricultura, designada **IoT agrícola**, pode recolher e organizar dados sobre parcelas, culturas, água, solo, clima e equipamentos. Quando os dados são adequados, validados e interpretados no contexto da exploração, podem apoiar decisões mais fundamentadas.

Ao longo do guia, a IoT agrícola é apresentada de forma simples e orientada para a realidade das explorações agrícolas e das PME com atividade de produção agrícola nos territórios do **Douro, Alto Tâmega e Barroso e Tâmega e Sousa**.

Mais do que promover tecnologia, este guia procura mostrar como sensores, dispositivos conectados e plataformas digitais podem apoiar problemas concretos de gestão, como acompanhar parcelas dispersas, gerir a rega, monitorizar microclima, reduzir deslocações desnecessárias ou acompanhar o funcionamento de equipamentos.

Figura 1 - Como a IoT agrícola apoia a decisão



A quem se destina este guia?

Este guia dirige-se prioritariamente a **micro, pequenas e médias empresas** com atividade de **produção agrícola** no **Douro, Alto Tâmega e Barroso e Tâmega e Sousa**, bem como a **técnicos** e **organizações** que as acompanham.

Pode ser útil quando existe um problema de gestão que depende de dados mais frequentes ou localizados. Não pressupõe que todas as explorações necessitem de sensores, plataformas digitais ou sistemas automatizados.

O objetivo é ajudar cada PME a:

- definir o problema e a decisão a apoiar;
- identificar os dados realmente necessários;
- testar uma solução proporcional numa parcela-piloto;
- avaliar custos, riscos e resultados;
- decidir se deve manter, ajustar, expandir ou interromper o investimento.

A abordagem seguida é progressiva: parte dos problemas concretos da exploração, explica como a tecnologia pode ajudar e apresenta caminhos possíveis para começar com soluções proporcionais à dimensão da empresa, aos recursos disponíveis e aos objetivos de cada produtor ou gestor.

***Da observação no campo
à decisão com dados.***

Figura 2 - O que este guia ajuda a decidir



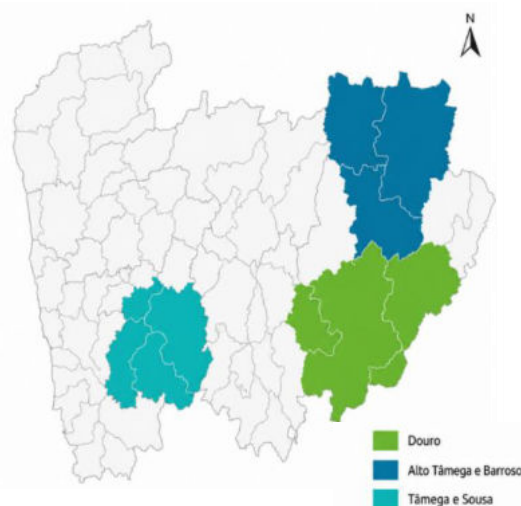
Módulo 1 - O Território e os Desafios da Digitalização Agrícola

Douro, Alto Tâmega e Barroso e Tâmega e Sousa

Breve leitura territorial

Os territórios do **Douro**, **Alto Tâmega e Barroso** e **Tâmega e Sousa** apresentam forte diversidade agrícola e um setor agroalimentar relevante. Apesar desta **ligação comum**, têm perfis demográficos, produtivos e económicos distintos, pelo que os **desafios de digitalização** devem ser analisados em função da realidade de cada sub-região (Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023).

Figura 3 - Mapa das sub-regiões em destaque



Região Norte: apresenta um **peso relevante no sistema agroalimentar nacional**, quer na produção agrícola, quer na agroindústria associada à transformação da produção primária. O seu ecossistema agroalimentar inclui atividades vegetais e animais, bem como indústrias ligadas à transformação dos produtos agrícolas, assumindo uma **função estratégica para o desenvolvimento regional**, a valorização dos recursos endógenos e a sustentabilidade dos territórios rurais (Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023).

Nas sub-regiões do **Douro e do Alto Tâmega e Barroso**, verifica-se uma especialização mais evidente em atividades ligadas à agricultura e aos recursos naturais. O **Tâmega e Sousa**, por sua vez, apresenta uma maior especialização relativa ao setor secundário, mas mantém uma ligação importante ao agroalimentar, nomeadamente através da produção vitivinícola, da fruticultura e de atividades de transformação associadas ao tecido empresarial local (Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023).

Diversidade produtiva e importância do setor agroalimentar

Diversidade produtiva com força territorial

A diversidade produtiva constitui uma das principais forças do setor agroalimentar do **Norte**. Esta diversidade resulta da combinação entre condições naturais distintas, saber-fazer acumulado, produtos locais reconhecidos e especializações produtivas com forte ligação ao território.

Nos territórios abrangidos estão presentes fileiras como a vinha, os frutos frescos, os frutos de casca rija, o olival, a apicultura, a produção animal e a transformação agroalimentar.

Segundo Fontainhas-Fernandes e Baptista (2023), a Região Norte apresenta condições favoráveis à produção de produtos agrícolas diferenciados e com potencial de valorização, como vinho, azeite, frutos secos, castanha, pequenos frutos e outros produtos endógenos.

A presença de produtos obtidos em modo de produção biológico e de produtos abrangidos por **Denominação de Origem Protegida (DOP)**, **Indicação Geográfica Protegida (IGP)** ou **Especialidade Tradicional Garantida (ETG)** reforça a diferenciação. Estes enquadramentos são distintos e podem, em alguns casos, coexistir no mesmo produto.

Figura 4 - Fileiras presentes nos territórios abrangidos



Fonte: Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023.

Peso económico e agroindustrial do setor

Para além da produção agrícola, a componente agroindustrial reforça o peso económico do setor agroalimentar na Região Norte.

Em 2021, a indústria agroalimentar da Região Norte incluía 3 540 empresas: 2 787 nas indústrias alimentares e 753 na indústria das bebidas. Estas empresas tinham cerca de 31 700 pessoas ao serviço, correspondendo a 29% do pessoal ao serviço da indústria agroalimentar em Portugal. Os valores descrevem 2021 e não devem ser apresentados como retrato de 2026.

Figura 5 - Indústria agroalimentar do Norte em 2021



Fonte: *Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023*; com base na fonte estatística indicada na publicação.



29% do pessoal ao serviço da indústria agroalimentar em Portugal encontrava-se na Região Norte em 2021.

Figura 6 - Especialização territorial e agroalimentar



Fonte: *Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023*.

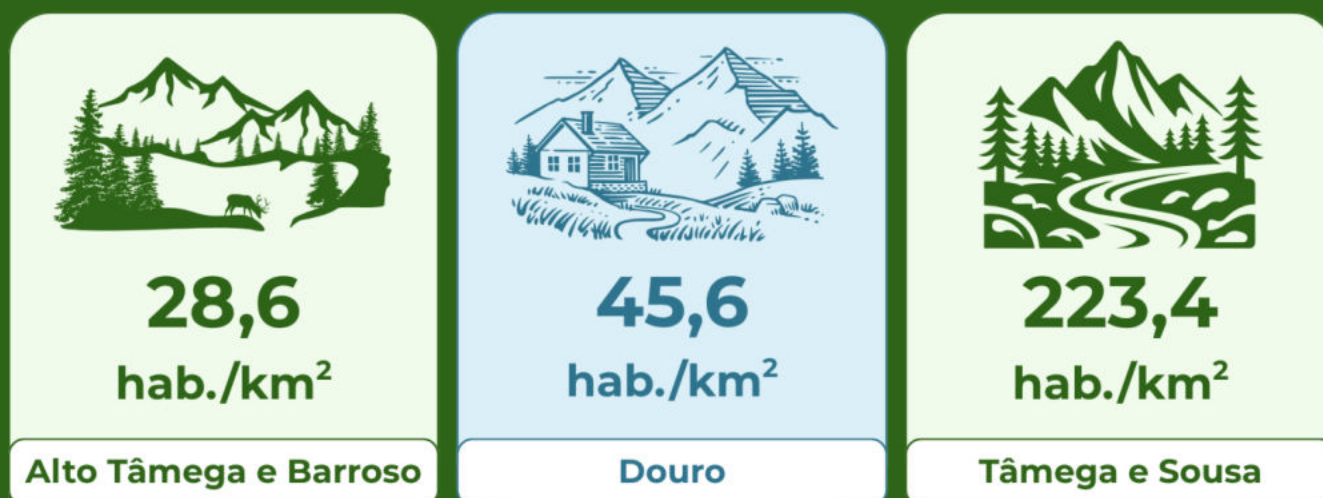
Desafios comuns dos territórios abrangidos

Territórios diferentes, desafios convergentes

Apesar das diferenças das sub-regiões, os três territórios partilham **desafios** que condicionam a **competitividade**, a **sustentabilidade** e a **capacidade de modernização das explorações agrícolas** e das PME agroalimentares.

Segundo Fontaínhas-Fernandes e Baptista (2023), a Região Norte apresenta 34% da população nacional em 2021, mas registou uma **diminuição populacional entre censos**, com quebras mais expressivas no Alto Tâmega e Barroso e no Douro, **próximas dos 10%**. O mesmo estudo refere que a **mão de obra agrícola é cada vez mais escassa** e que a **atividade continua muito dependente do trabalho familiar**.

Figura 7 - Densidade populacional por sub-região NUTS III, 2024 (habitantes por km²)



Fonte: INE, estimativas anuais da população residente, indicador "Densidade populacional, referência territorial NUTS 2024", consultado em junho de 2026.



Envelhecimento



Mão de obra
escassa



Decisões rápidas



A **modernização do campo** nestes territórios tem de partir da **realidade local**: população envelhecida, menor disponibilidade de mão de obra, explorações familiares e necessidade de decisões mais rápidas e práticas.

Pequena escala, fragmentação e pressão sobre os recursos

A estrutura agrícola regional continua marcada pela pequena dimensão das explorações e pelo predomínio do minifúndio. Em 2023, a Região Norte tinha cerca de **99 mil explorações agrícolas**, **38% do total nacional**, e 6,2 hectares de superfície agrícola utilizada por exploração, em média (INE, Inquérito à Estrutura das Explorações Agrícolas 2023).

Figura 8 - Estrutura agrícola da Região do Norte, em 2023



Fonte: INE, Inquérito à Estrutura das Explorações Agrícolas 2023, Região Norte, unidade e indicador conforme quadro utilizado.

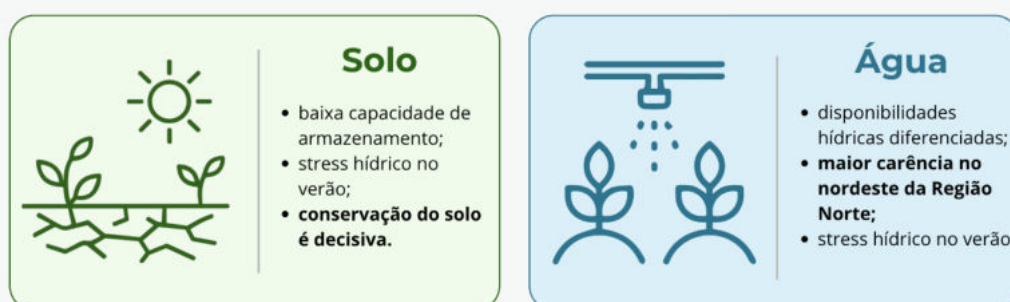
A dimensão média das explorações no Norte aumentou apenas ligeiramente face a 2019. A fragmentação fundiária dificulta o aumento de escala, a mecanização, a organização do trabalho e o acompanhamento regular das parcelas (Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023).



A agricultura pode também ser exercida a tempo parcial e conciliada com trabalho noutros setores, como forma de complementar o rendimento. Esta realidade pode reduzir o tempo disponível para acompanhar as explorações, monitorizar culturas e responder atempadamente a problemas.

A reserva de água utilizável varia entre parcelas. Em solos pouco profundos, pedregosos ou com baixa capacidade de retenção, o risco de défice hídrico pode aumentar. A avaliação deve considerar textura, estrutura, profundidade explorada pelas raízes, matéria orgânica, declive e manejo do solo (Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023).

Figura 9 - Recursos Hídricos



Fonte: Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023

Variabilidade meteorológica, sanidade vegetal e incêndios

A agricultura destes territórios está cada vez mais exposta à variabilidade climática e a riscos ambientais. As alterações climáticas, as secas prolongadas, as vagas de calor, os episódios de chuva intensa e a irregularidade das estações agrícolas **aumentam a incerteza e dificultam o planeamento da produção.**

De acordo com as **Estatísticas Agrícolas 2024 do INE**, o ano agrícola 2023/2024 foi muito quente e chuvoso com impactos diferenciados nas culturas. A vindima registou uma quebra de 8,1% na produção e a cereja sofreu nova quebra acentuada, de 35,5%.

Os incêndios rurais continuam também a representar uma ameaça relevante. Em 2024, a superfície ardida em Portugal Continental correspondeu a 137,7 mil hectares, tornando-o terceiro ano mais severo da última década. As pragas e doenças emergentes acrescentam outra dimensão ao risco.

Figura 10 - Monitorizar para antecipar riscos



Fonte: **INE** – Instituto Nacional de Estatística. *Estatísticas Agrícolas 2024*. Consultado em junho de 2026.



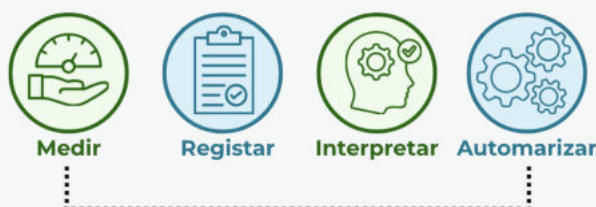
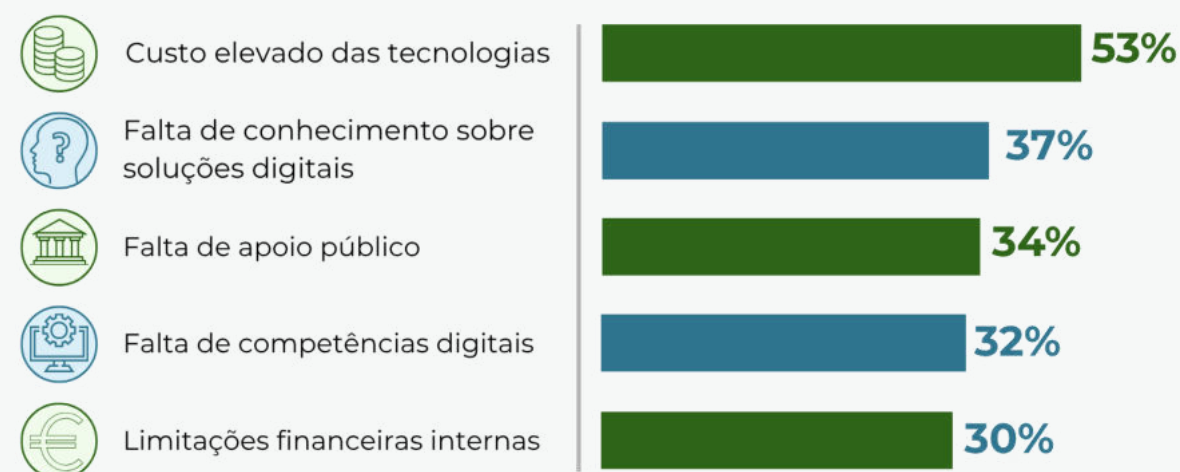
Mais monitorização ajuda a antecipar riscos e apoiar decisões no campo.

Competências, dados e adoção digital

Num inquérito do **Joint Research Centre** a **1 444** explorações de nove Estados-Membros, realizado entre **junho e outubro de 2024**, os custos elevados foram referidos por **53%** dos respondentes, a falta de conhecimento por **37%**, a falta de apoio público por **34%**, a falta de competências digitais por **32%** e limitações financeiras internas por **30%**. Eram possíveis respostas múltiplas. **Portugal não integrou a amostra.**

Nas estimativas econométricas do estudo, a conectividade insuficiente esteve associada a **taxas de adoção 4%–30% inferiores** e a **formação especializada a taxas 14%–71% superiores**, consoante a categoria tecnológica. São associações observadas na amostra, não efeitos causais nem previsões para uma PME do Douro Tâmega.

Figura 11 - Principais barreiras à adoção digital



Também existem preocupações com privacidade, segurança, propriedade e controlo de dados agrícolas.

Fonte: Tur Cardona et al., 2025, pp. 6, 47–48 e Figura 27; Código Europeu de Conduta sobre Partilha de Dados Agrícolas, 2018.

Módulo 2 -

Enquadramento Técnico:

O que é a IoT Agrícola

Internet das Coisas na agricultura: conceito e utilidade

O que é a IoT?

A **Internet das Coisas**, ou **IoT**, designa sistemas em que objetos físicos — por exemplo, sensores, contadores, controladores ou máquinas — adquirem dados e comunicam através de uma rede. A recolha e a transmissão podem ser contínuas, periódicas ou acionadas por evento. Os dados podem ser processados localmente, num servidor da empresa ou num serviço remoto (Miguel, 2024; Machado, 2021; Mendes, 2022).

Na agricultura, estes sistemas podem acompanhar variáveis específicas entre visitas ao campo, registar históricos e gerar alertas. A frequência de medição, a latência e a tolerância a falhas devem ser definidas segundo a decisão a apoiar.



A IoT transforma objetos e dispositivos em fontes de informação útil para acompanhar o campo e apoiar decisões.

Figura 12 - Funcionamento básico da IoT agrícola no apoio à decisão



Porque é útil no campo?

A IoT pode ser útil quando a decisão exige medições regulares, existem parcelas dispersas, as deslocações são onerosas ou é necessário acompanhar equipamentos entre visitas. A informação digital complementa a observação e a experiência; não as substitui.

Esta **capacidade é particularmente relevante** em explorações com **parcelas dispersas**, **mão de obra limitada** ou quando existe **a necessidade de acompanhar várias culturas ao longo do tempo**. Essa informação não substitui o conhecimento prático do agricultor, mas pode complementá-lo, ajudando a confirmar percepções e identificar alterações.

Figura 13 - Utilidade da IoT agrícola no campo



Fonte: Miguel, 2024.

Sensores, dispositivos conectados e plataformas digitais

Depois de compreender o conceito de IoT agrícola, importa perceber como a informação recolhida no campo chega ao produtor de forma organizada e útil.

Num sistema IoT agrícola, os dados fazem um percurso por diferentes componentes.

Figura 14 - Exemplo de percurso dos dados num sistema agrícola

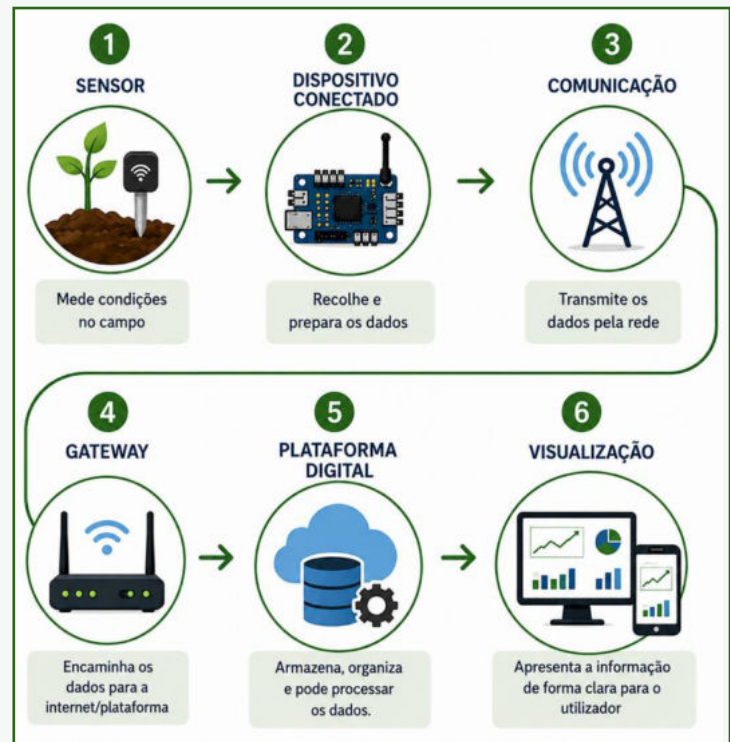
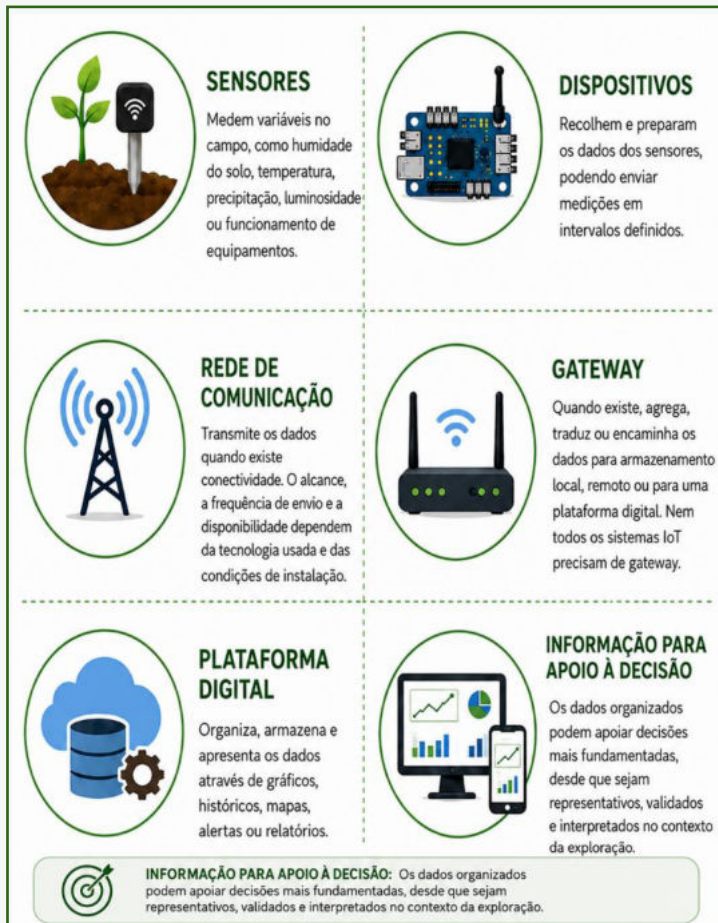


Figura 15 - Função dos principais componentes num sistema IoT agrícola



O mais importante, para uma PME agrícola, é **perceber que a utilidade do sistema depende da articulação entre todos estes elementos**. Não basta ter sensores no campo: é necessário que os dados sejam transmitidos de forma estável, guardados de modo acessível e apresentados numa plataforma que permita compreender o que está a acontecer na exploração.



A IoT agrícola funciona como uma cadeia de informação: mede no campo, transmite os dados, organiza a informação e apresenta resultados que podem apoiar a gestão da exploração.

Nota: a segurança, a fiabilidade e a utilidade dos dados dependem da instalação, configuração, manutenção e validação do sistema. Não são garantias automáticas da IoT.

Fonte: Miguel, 2024; García et al., 2020.



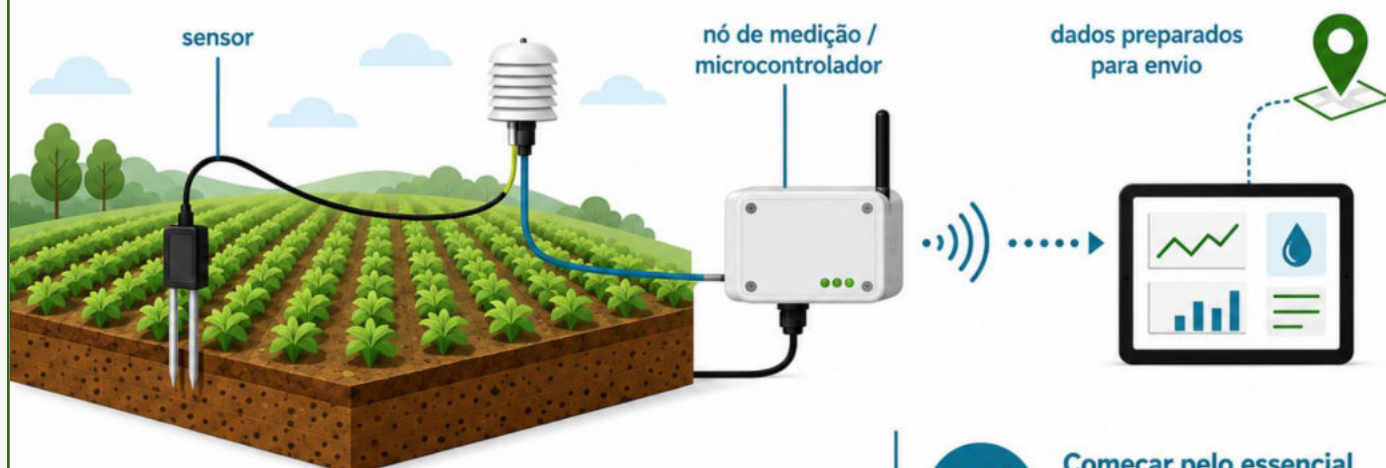
O primeiro contacto entre a IoT agrícola e a exploração é o sensor. É ele que permite medir uma condição concreta no terreno, como a humidade do solo e a luminosidade.



No entanto, **o sensor não funciona sozinho**. Normalmente, o sensor **integra um nó de medição**. Esse nó **pode incluir alimentação, condicionamento e conversão do sinal, microcontrolador, relógio, memória e interface de comunicação**. O microcontrolador é apenas um componente do nó; os dois termos não são sinónimos.

O nó pode registar dados localmente e transmiti-los segundo uma frequência definida. Para interpretar os dados, é necessário conhecer a localização, a profundidade ou altura de instalação, a unidade, o método de calibração e o estado do equipamento.

Do sensor ao dispositivo conectado



Para serem úteis no campo, os dispositivos devem ter:



baixo consumo energético



funcionamento contínuo



resistência no exterior



ligação a redes de comunicação



Começar pelo essencial

A escolha destes dispositivos deve partir sempre da necessidade da exploração. Uma PME não precisa, numa fase inicial, de instalar muitos equipamentos ou sistemas complexos. Pode começar por monitorizar uma parcela crítica, uma cultura mais sensível ou uma zona onde existam dúvidas frequentes sobre água, solo ou condições ambientais.



Ideia-chave

Os sensores medem o que acontece no campo; os dispositivos conectados recolhem e preparam essa informação para que possa seguir no sistema IoT agrícola.

Fonte: Miguel, 2024.

Comunicação entre o campo e o sistema digital



Depois de recolhidos, **os dados precisam de ser transmitidos** para chegarem à plataforma digital e poderem ser consultados.



A comunicação pode usar diferentes tecnologias, escolhidas conforme a realidade da exploração.



Em zonas com boa cobertura, proximidade a edifício e acesso a energia elétrica, o Wi-Fi pode ser uma opção simples e acessível.



LoRa é uma tecnologia de comunicação por rádio. LoRaWAN é um protocolo e uma arquitetura de rede que utiliza LoRa e define, entre outros aspetos, comunicação entre dispositivos, gateways e servidor de rede.



Em parcelas afastadas, uma rede **LoRaWAN** pode ser adequada para pequenos volumes de dados e baixo consumo, desde que se confirme cobertura, posição das gateways, relevo, vegetação e capacidade.



Em muitos sistemas, a **gateway funciona como elemento intermédio**, recebendo os dados do campo e encaminhando-os para a Internet, servidor ou plataforma digital.



A **escolha da solução** deve considerar a **distância entre as parcelas, rede disponível, frequência de envio dos dados e tipo de informação recolhida**.



Para uma PME agrícola, o sistema só é útil se os dados chegarem de forma estável à plataforma.

Fonte: *Machado, 2021; García et al., 2020.*

Figura 17 - Comunicação na IoT agrícola



Wi-Fi

- boa cobertura
- mais dados
- energia estável



LoRa

- maior alcance
- baixo consumo
- pequenos pacotes de dados



Gateway

recebe e encaminha os dados.

O que avaliar



distância



rede



energia



frequência



tipo de dados



Plataformas digitais e visualização de dados

Depois de transmitidos, os dados recolhidos no campo precisam de ser guardados, organizados e apresentados de forma compreensível. É nesta etapa que entram as **plataformas digitais**, que funcionam como o espaço onde a informação passa a poder ser consultada pelo utilizador.

Miguel (2024) descreve um protótipo que combina **MySQL** para armazenamento de dados e **Node-RED** para orquestração e visualização. Trata-se de uma arquitetura de caso de estudo, não de uma recomendação universal.

Uma plataforma deve ser avaliada segundo os requisitos da PME: facilidade de utilização, frequência de atualização, histórico e exportação, documentação, manutenção, segurança, compatibilidade, direitos sobre os dados, apoio técnico, custos ao longo do tempo e condições de mudança de fornecedor. O mySense pode ser apresentado como exemplo, desde que seja identificado e avaliado pelos mesmos critérios.

Figura 18 - Plataforma digital de dados de campo



Fonte: Miguel, 2024; Mendes, 2022; Machado, 2021.

Que dados podem ser recolhidos no campo

Dados de campo: recolher o essencial

A IoT agrícola recolhe dados diretamente no campo para acompanhar condições de exploração, perceber variações ao longo do tempo e apoiar decisões ajustadas à realidade de cada parcela.

Interessam sobretudo os dados ligados à produção agrícola e à monitorização do terreno: **solo, água, clima, cultura, localização, rega, fatores de produção e equipamentos usados na exploração.**



Regra de Trabalho

O sistema deve responder a uma decisão de campo, não acumular dados sem finalidade.

Figura 19 - Da necessidade concreta ao dado certo



Fonte: [Tur Cardona et al., 2025](#); [Miguel, 2024](#); [García et al., 2020](#).

Solo, água e clima: os dados mais usados no campo

Os dados do solo, água e clima são os mais relevantes para a maioria das aplicações de IoT agrícola, porque influenciam diretamente o desenvolvimento das culturas, a necessidade de rega, o risco de stress hídrico e a resposta a alterações ambientais.

Quando recolhidos de forma regular, estes dados permitem acompanhar variações ao longo do dia e ao longo do ciclo produtivo, identificar diferenças entre parcelas e apoiar práticas de gestão mais ajustadas.



Recolha Regular: medições em diferentes momentos do dia ajudam a perceber variações de temperatura e humidade no ar e no solo.

Figura 20 - Dados de solo, água e clima



Fonte: [Miguel, 2024](#); [Mendes, 2022](#); [García et al., 2020](#).

Cultura, localização e dados complementares

Informação que complementa a monitorização do campo

Além do solo, água e clima, a IoT agrícola pode recolher ou integrar outros dados relevantes. Estes dados **ajudam a compreender melhor a cultura, a gestão da exploração e o contexto local**. Em alguns casos, podem incluir dados derivados de imagem ou satélite para complementar a monitorização.

Figura 21 - Parâmetros e utilidade técnica



Fonte: [Tur Cardona et al., 2025](#); [Miguel, 2024](#); [Mendes, 2022](#); [García et al., 2020](#); [OCDE, 2019](#).

Da monitorização ao apoio à decisão

Medir só cria valor quando a informação ajuda a agir no campo.



A monitorização é o ponto de partida, mas o valor surge quando os dados são organizados, comparados e interpretados



O histórico ajuda a perceber tendências, alterações e diferenças entre parcelas.

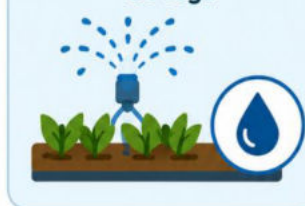


Isto apoia decisões como acompanhar a rega, identificar risco de stress hídrico e observar zonas que exigem atenção.



Apoio à decisão no dia a dia

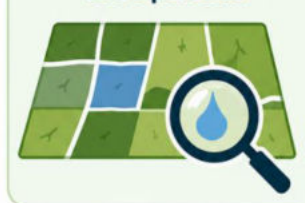
necessidade de rega



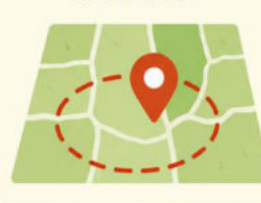
stress hídrico



diferenças entre parcelas



zona a observar



Acompanhar ao longo do tempo



O que muda na prática



Os dados deixam de ser valores isolados.



A plataforma ajuda a ler o estado atual e a evolução no tempo.



O apoio à decisão pode começar de forma gradual, com ferramentas simples.



A informação digital complementa a experiência e a observação no campo, não as substitui.

Síntese: A IoT agrícola cria valor quando transforma dados do campo em informação compreensível, útil e contextualizada para apoiar decisões com menor incerteza.

Fonte: [Tur Cardona et al., 2025](#); [Miguel, 2024](#); [García et al., 2020](#); [OCDE, 2019](#).

Módulo 3 – Sensores no campo e recolha de dados

Sensores para o solo e água

Humidade e temperatura do solo

Os sensores de solo podem ser especialmente úteis quando a **decisão exige informação regular** sobre o conteúdo ou o potencial da água no perfil explorado pelas raízes.

Nos sistemas de rega IoT analisados, a humidade do solo é o parâmetro de solo mais frequente; todos os estudos com sensores de solo mediram a humidade do solo. A temperatura do solo surge com menos frequência, seguida pelo pH e nutrientes.

Figura 24 - Exemplos de princípios de medição da água no solo; a inclusão de modelos comerciais é ilustrativa e não constitui recomendação

1 Sensores resistivos, baseados na condutividade elétrica

SONDAS RESISTIVAS/ CONDUTIVAS DE BAIXO CUSTO
Exemplos: YL-69/FC-28 e SEN0114.
Produzem um sinal relativo dependente da condutividade entre elétrodos. A leitura é influenciada por salinidade, contacto com o solo, temperatura e degradação dos elétrodos. Não representa teor volumétrico de água sem calibração específica e validação.

- Exemplos: YL-69/FC-28 e SEN0114
- Sinal relativo dependente da condutividade entre elétrodos
- Influenciado por salinidade, contacto com o solo, temperatura e degradação dos elétrodos

⚠ Não representa teor volumétrico de água sem calibração específica e validação.

2 Sensores dielétricos

SENSORES DIELÉTRICOS
Exemplo: VH400. O fabricante descreve uma sonda por linha de transmissão com saída 0–3 V, intervalo de operação –40 a 85 °C e especificação de exatidão indicada para condições definidas. É um exemplo comercial; as especificações do fabricante não substituem a validação no solo e na instalação.

- Sonda por linha de transmissão
- Saída: 0–3 V
- Intervalo de operação: –40 a 85 °C
- Exatidão especificada para condições definidas
- Exemplo comercial

As especificações do fabricante não substituem a validação no solo e na instalação.

3 Temperatura do solo e instalação

DS18B20
A temperatura do solo ajuda a acompanhar condições de crescimento, germinação e desenvolvimento radicular. O sistema SOLAR-IOT integra o sensor DS18B20 para medição da temperatura do solo (Miguel, 2024).

Fatores práticos a considerar

- profundidade de instalação
- localização do sensor
- zona radicular
- calibração
- interpretação dos valores

Um sensor à superfície regista variações mais rápidas; junto da zona radicular, representa melhor as condições sentidas pela cultura.

Ideia-chave

A humidade do solo é um dos dados mais importantes para apoiar decisões de rega, mas a qualidade da informação depende do tipo de sensor, da calibração, da profundidade de instalação e da interpretação dos valores recolhidos.

Fonte: Miguel, 2024; García et al., 2020; OCDE, 2019. Especificações: fichas técnicas dos fabricantes, com modelo, versão e data de consulta identificados. Fontes dos modelos: DFRobot, SEN0114; Vegetronix, VH400. Consulta em junho de 2026.

Tensão da água, nível, caudal e qualidade da água

Para além da humidade do solo, alguns sensores procuram medir a disponibilidade da água para a planta. Esta distinção é importante: **nem toda a água presente no solo está igualmente disponível para a cultura**. A textura, a estrutura, a compactação e a profundidade das raízes influenciam a facilidade com que a planta consegue utilizar essa água.

Para uma PME agroalimentar, a escolha dos sensores deve começar por uma pergunta prática: **é necessário saber se existe água? Medir quanta água está a ser usada? Avaliar se o solo tem água suficiente? Perceber se a água está disponível para a planta? Ou controlar algum indicador de qualidade da água?**

Figura 25 - Sensores para monitorização do solo e da água: aplicações e critérios de utilização



Fonte: Miguel, 2024; García et al., 2020.

Sensores para clima e condições ambientais

Temperatura, humidade, irradiância solar e precipitação

- Os sensores climáticos e ambientais ajudam a acompanhar condições que influenciam o desenvolvimento das culturas, a evapotranspiração, a perda de água e a necessidade de rega;
- Em sistemas IoT agrícolas, estes dados ajudam a interpretar o que está a acontecer no campo e a relacionar as condições meteorológicas com o estado do solo e da cultura.

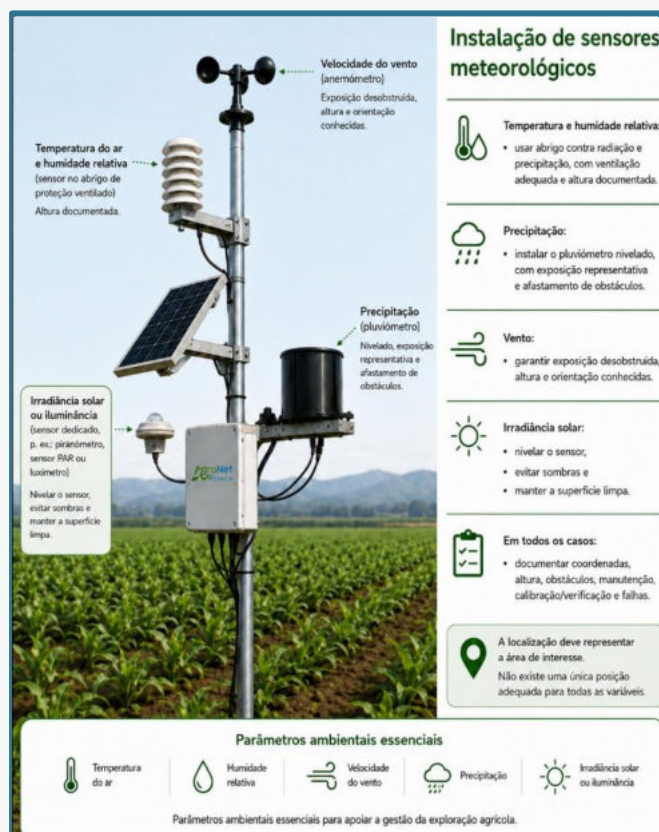
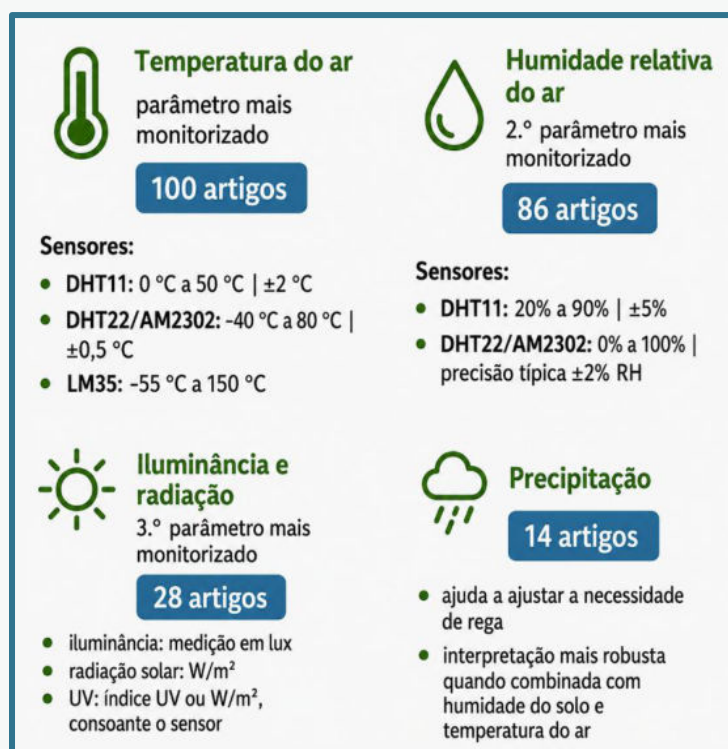


Figura 27 - Parâmetros meteorológicos mencionados nos artigos analisados



Fonte: [García et al., 2020](#).

Instalação e interpretação

- Sensores de temperatura e humidade devem ser protegidos da radiação solar direta e da chuva;
- A localização deve representar a parcela a acompanhar;
- Evitar zonas demasiado expostas, sombreadas ou influenciadas por edifícios, muros ou equipamentos;
- Leituras regulares ajudam a relacionar clima, solo e cultura.

Ideia-chave:



Temperatura, humidade relativa, precipitação, vento e irradiância solar podem alimentar estimativas meteorológicas e ajudar a interpretar a parcela. A decisão de rega exige ainda cultura e fase, chuva efetiva, zona radicular, água disponível no solo e desempenho do sistema de rega

Fonte: [Miguel, 2024](#); [Mendes, 2022](#); [García et al., 2020](#).

Vento, pressão atmosférica, qualidade do ar e cuidados de instalação

Para além da temperatura, humidade, luminosidade e precipitação, alguns sistemas IoT agrícolas podem recolher dados sobre vento, pressão atmosférica e, quando existir objetivo técnico claro e sensor adequado, indicadores de qualidade do ar. Estes parâmetros não são necessários em todas as explorações, mas **podem ser úteis quando se pretende uma leitura ambiental mais completa da parcela.**



Quando podem ser úteis?

- Leitura mais completa do microclima;
- Apoio à estimativa e à interpretação do microclima;
- Apoio à aplicação de tratamentos e à interpretação ambiental.

Figura 28 - Parâmetros ambientais complementares e cuidados de instalação



Fonte: Mendes, 2022; García et al., 2020.

Humectação foliar e risco de doença

Sensores para culturas, nutrientes e risco agrónómico

A humectação foliar é um dos parâmetros mais **relevantes** para o acompanhamento do risco agrónómico orientado para a cultura.

Indica durante quanto tempo a superfície foliar permanece molhada e é útil em culturas sensíveis a doenças promovidas pela humidade, chuva, orvalho ou fraca circulação de ar.

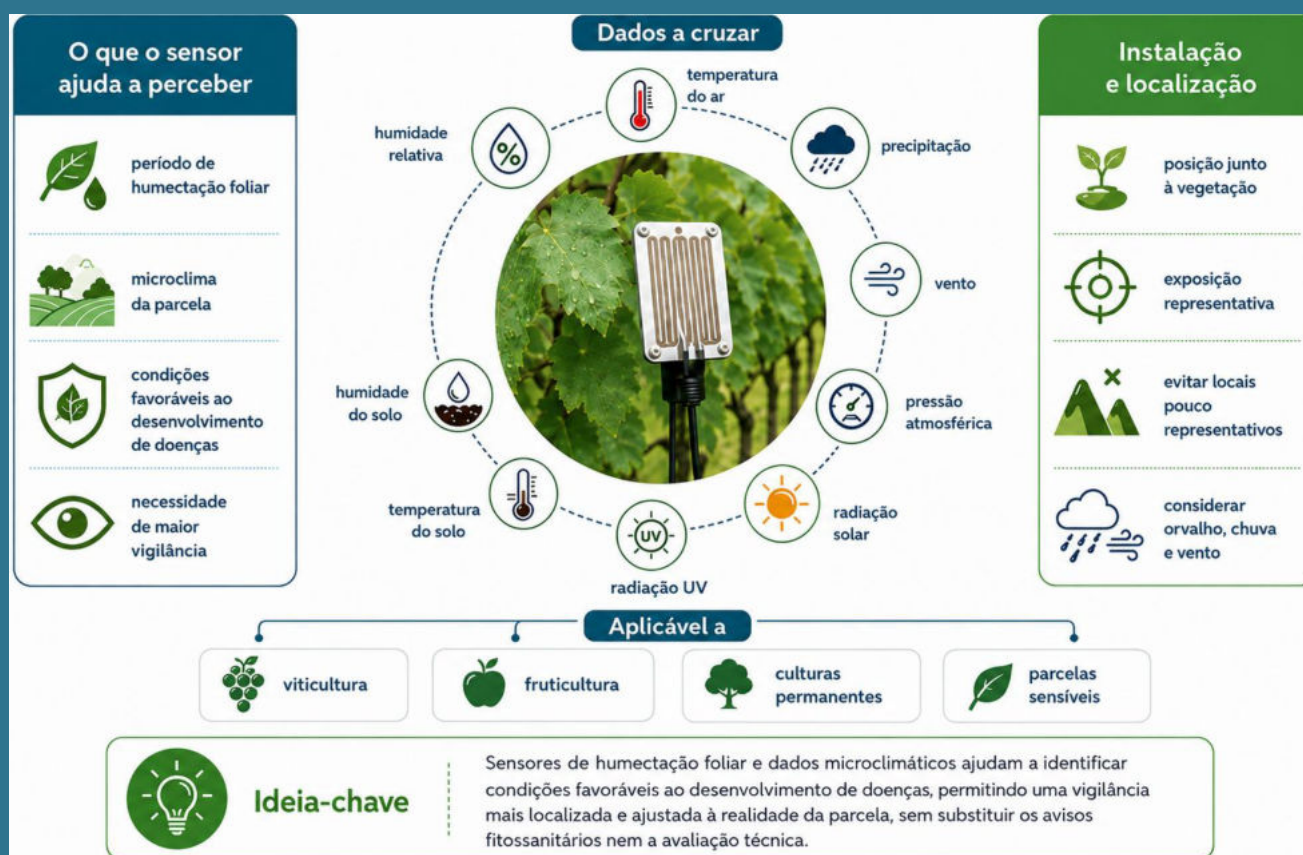
Não deve ser analisada isoladamente: humectação prolongada e humidade elevada podem indicar necessidade de maior vigilância.

É um **dado de monitorização** em campo que apoia a prevenção do risco, sem substituir a avaliação técnica nem os avisos fitossanitários.

É especialmente útil em **culturas permanentes e em sistemas onde a humidade da vegetação persistente aumenta o risco sanitário**, como na viticultura e na fruticultura.

A instalação importa: a posição do sensor, a exposição ao orvalho, chuva e vento, a proximidade à vegetação e a representatividade da zona escolhida influenciam a leitura.

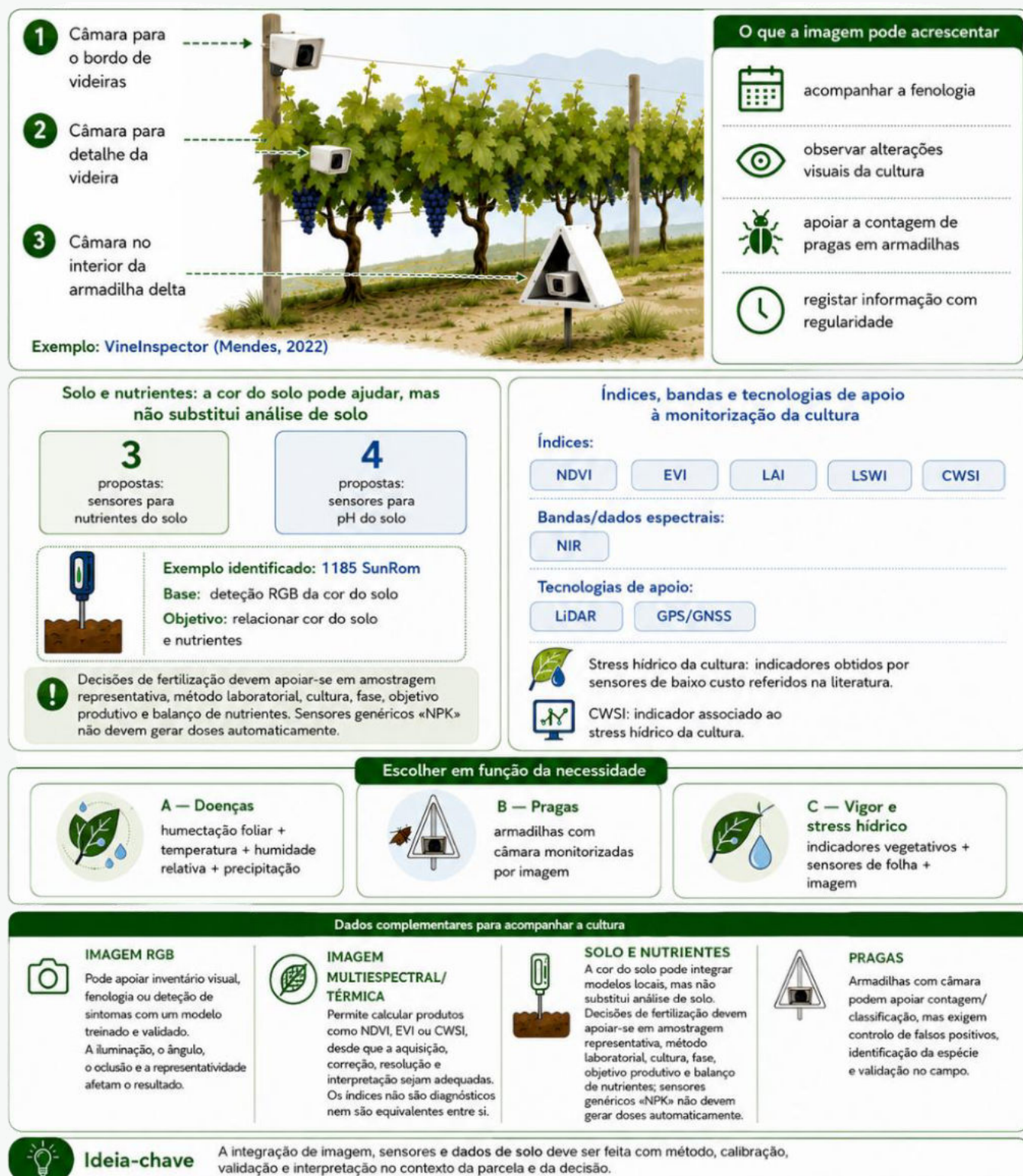
Figura 29 - Sensores de humectação foliar e integração de dados microclimáticos



Fonte: Mendes, 2022; García et al., 2020.

Imagem, pragas, fenologia, nutrientes e stress hídrico

Figura 30 - Dados complementares para acompanhar a cultura e apoiar decisões localizadas



Fonte: Mendes, 2022; García et al., 2020.

Estações meteorológicas agrícolas e redes de sensores

Vários sensores, uma leitura integrada da parcela

As estações agrícolas e os sistemas multisensor recolhem vários dados ao mesmo tempo, combinando sensores de solo, clima, água, cultura e microclima.

Ao contrário de um sensor isolado, permitem interpretar relações entre variáveis: humidade do solo, precipitação, radiação, vento e humectação foliar.



Leitura Conjunta

Humidade do solo + temperatura do ar + precipitação + radiação + vento

Humectação foliar + humidade relativa + temperatura + pluviosidade

Mais contexto para decisões de rega e vigilância

Ideia-chave

Estações agrícolas e redes de sensores ajudam a acompanhar a variabilidade do campo, mas devem ser proporcionais à dimensão da PME, às características da parcela e às decisões agrícolas a apoiar.

Fonte: [Miguel, 2024](#); [Mendes, 2022](#); [OCDE, 2019](#).

Figura 31 - Arquitetura integrada de sensores



Módulo 4 – Aplicações práticas da IoT agrícola

Gestão inteligente da rega

Figura 32 - Usar dados do campo para apoiar decisões sobre quando, quanto e onde regar

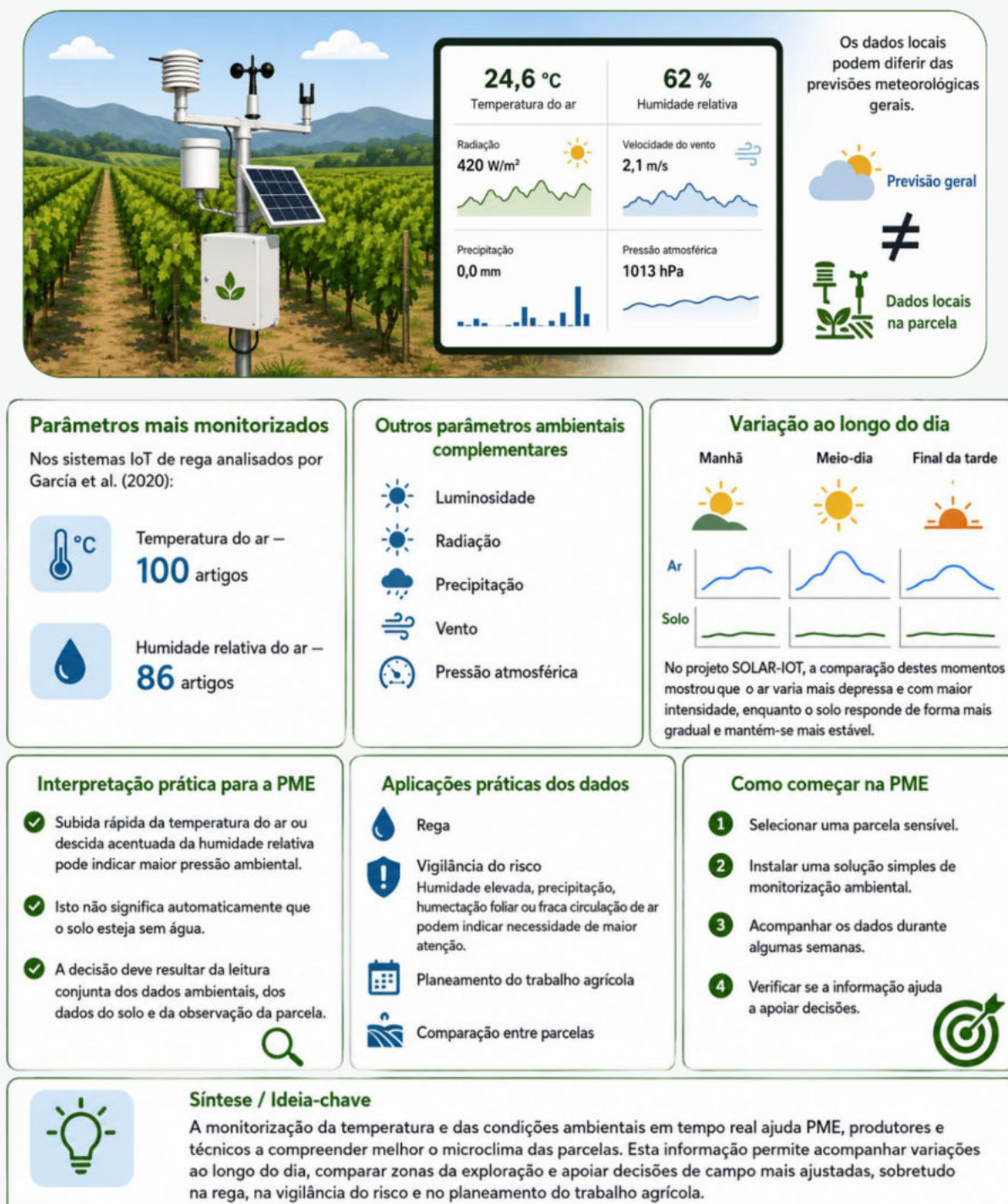


Fonte: Miguel, 2024; Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023; OCDE, 2019.

Monitorização regular da temperatura e das condições ambientais

A monitorização local permite compreender o que acontece na parcela ao longo do dia. Esta informação apoia decisões mais informadas sobre rega, visitas ao campo e vigilância de risco, complementando as previsões meteorológicas gerais.

Figura 33 - Parâmetros ambientais monitorizados e aplicações práticas na PME agrícola



Fonte: Miguel, 2024; Mendes, 2022; García et al., 2020.

Apoio à decisão de nutrientes e fertilização

A IoT pode apoiar a gestão de nutrientes, mas deve ser usada com prudência.

A fertilização depende do tipo de solo, da cultura, do estado vegetativo, do histórico da parcela e de análises de solo e, quando aplicável, de análises foliares.

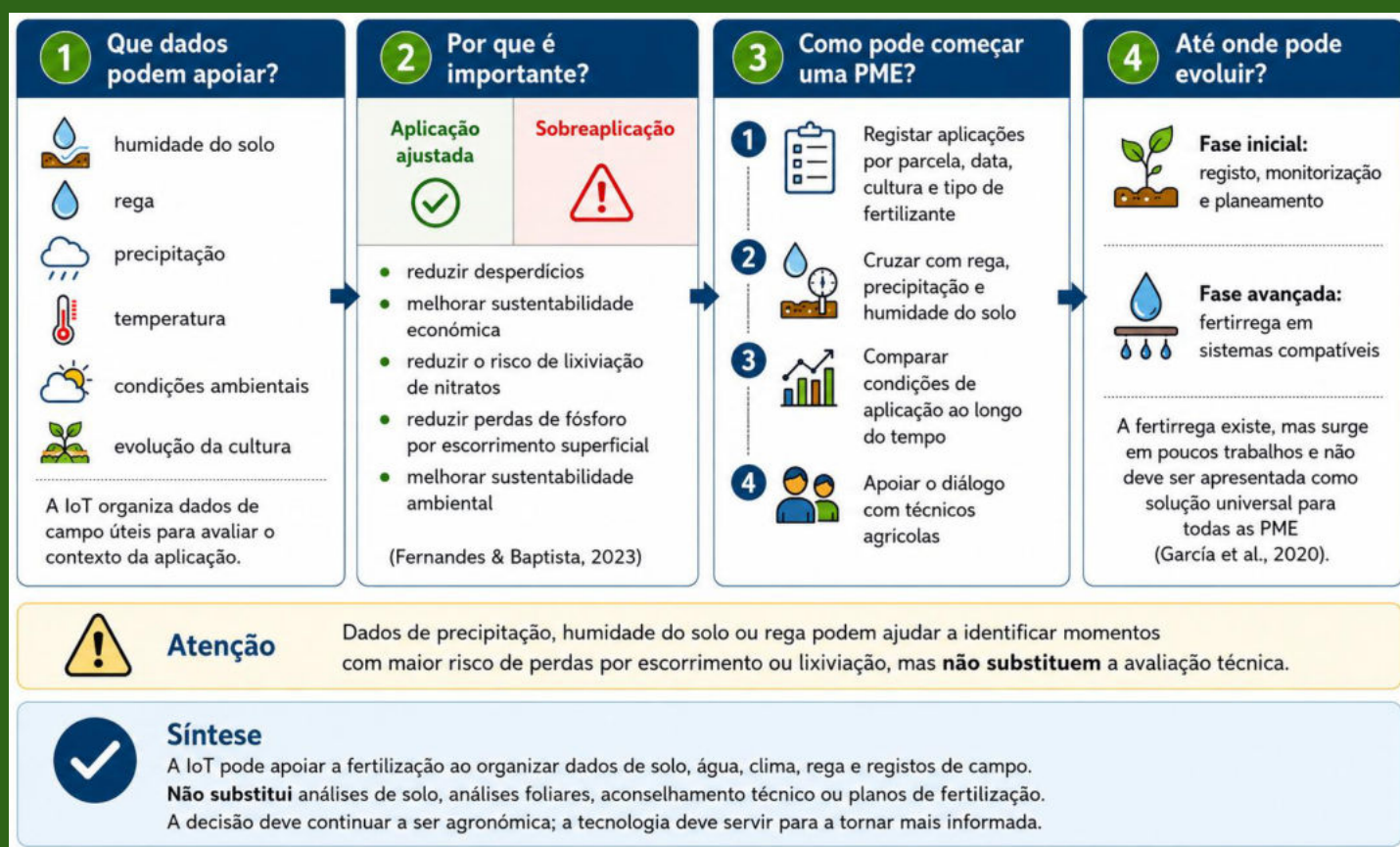
A tecnologia deve ser apresentada como apoio à decisão, e não como um sistema que define automaticamente doses, fórmulas ou o momento da aplicação.



Princípio-base

A decisão sobre a fertilização deve continuar a ser agronómica, enquadrada por aconselhamento técnico e informação analítica adequada.

Figura 34 - Apoio da IoT à fertilização e à fertirrega na PME agrícola



Fonte: Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023; Mendes, 2022; García et al., 2020.

Vigilância de doenças, pragas e défice hídrico apoiada por dados ambientais

A IoT ajuda a passar de uma vigilância reativa para uma vigilância orientada por sinais de risco.

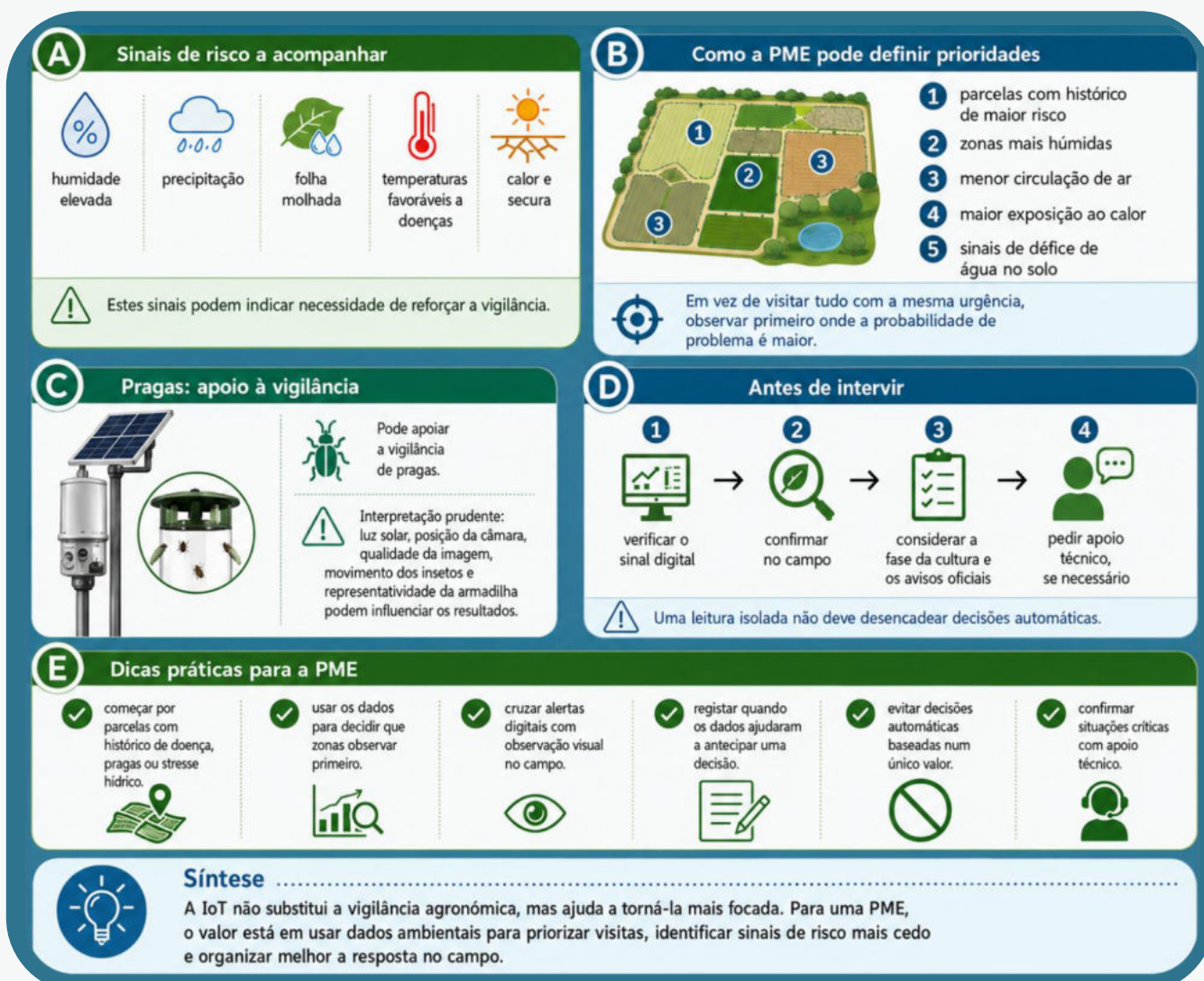
Não substitui o produtor, o técnico ou os avisos agrícolas oficiais; serve para priorizar onde observar, quando observar e que situações acompanhar primeiro.



Enquadramento Prático

Os dados ambientais ajudam a organizar a vigilância da exploração, transformando sinais de risco em prioridade de observação e resposta.

Figura 35 - Vigilância mais focada com o apoio dos dados do campo



Fonte: Mendes, 2022; Machado, 2021; García et al., 2020.

Aplicações em viticultura, fruticultura, olival, castanheiro e pequenas explorações

Aplicações por cultura e realidade produtiva

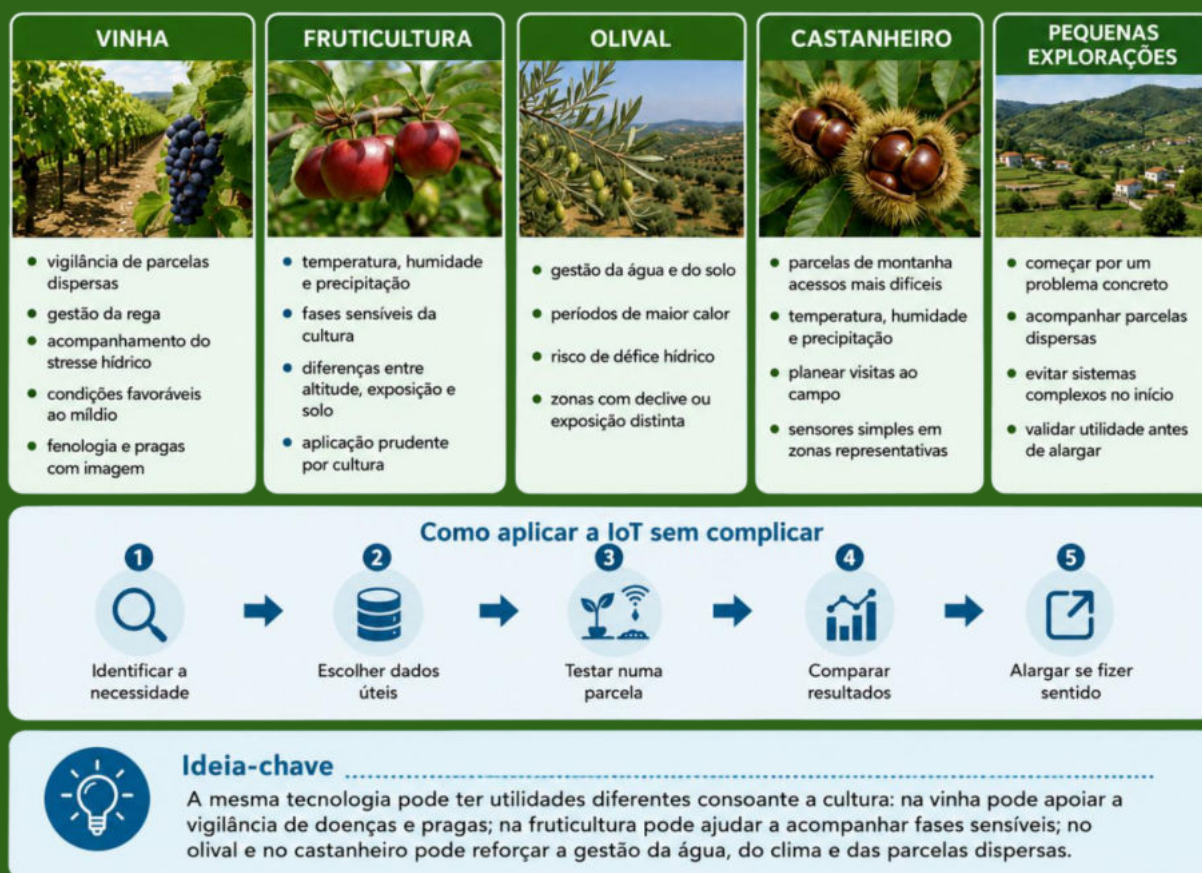
A IoT agrícola não tem uma aplicação única. A sua utilidade depende de vários fatores, mencionados anteriormente. Por isso, em vez de escolher tecnologia, importa começar por uma necessidade concreta do campo.



Ponto de Partida

Escolher a tecnologia a partir de uma necessidade concreta do campo, da cultura e das condições reais da exploração

Figura 36 - Aplicações da IoT em diferentes culturas e contextos agrícolas



Fonte: [Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023](#); [Mendes, 2022](#).

Como começar em pequenas explorações

Nas pequenas explorações e em PME agroalimentares, a melhor solução nem sempre é a mais avançada. Muitas vezes o mais eficaz é começar com poucos sensores, numa parcela crítica, e testar se os dados recolhidos ajudam realmente a melhorar decisões de campo.

Uma exploração pode começar por escolher um problema concreto, selecionar uma parcela-piloto, recolher dados durante um período crítico e comparar a informação com a prática habitual. O objetivo é perceber se a tecnologia traz utilidade real antes de aumentar o investimento.



Ponto de Partida

Escolher primeiro o problema: rega, stress hídrico, temperatura, humidade, risco de doença ou dificuldade em acompanhar parcelas dispersas. Só depois faz sentido escolher a tecnologia.

Figura 37 - Critérios de seleção e implementação da IoT em contextos agrícolas



Cultura ou realidade	Possíveis aplicações IoT a testar	Cuidados a manter
 Vinha	Rega, stress hídrico, humectação foliar, míldio, pragas, fenologia	Usar como apoio à vigilância, sem substituir avisos oficiais ou apoio técnico
 Fruticultura e pequenos frutos	Temperatura, humidade, rega, stress hídrico, risco ambiental	Aplicar de forma geral, sem promover soluções específicas para cada cultura
 Olival	Humidade do solo, rega, clima, risco de défice hídrico	Adaptar soluções gerais de monitorização e validar utilidade na parcela
 Castanheiro e culturas de montanha	Clima, humidade do solo, parcelas dispersas, planeamento de visitas	Começar por parcelas representativas e evitar sistemas demasiado complexos
 Pequenas explorações	Parcela-piloto, sensores simples, baixo custo, teste gradual	Escolher primeiro o problema; só depois escolher a tecnologia



Síntese

Em viticultura, fruticultura, olival, castanheiro e pequenas explorações, a IoT agrícola deve começar por problemas concretos e por um piloto validado no terreno. Para uma PME, a melhor solução é a que fornece dados úteis, verificáveis e proporcionais ao custo, apoiando decisões práticas sem substituir a observação no campo nem o apoio técnico.

Fonte: Fontainhas-Fernandes e Baptista, 2023; Mendes, 2022.

Módulo 5 – Alterações de processo: da gestão tradicional à agricultura de precisão

De observações pontuais para monitorização contínua

A passagem de observações pontuais para monitorização contínua representa uma mudança importante na forma como a exploração agrícola é acompanhada. Na gestão tradicional, muitas decisões dependem da presença física do produtor ou do técnico na parcela, da experiência acumulada e da observação visual feita em momentos específicos.

Com a IoT agrícola, a exploração pode passar a dispor de informação mais regular sobre o que acontece no campo. Dados sobre o solo, água, clima ou cultura podem ser recolhidos de forma periódica, quase em tempo real ou em tempo real, consoante a tecnologia e a configuração do sistema.



Figura 38 - Acompanhar a exploração entre visitas ao campo



Fonte: Tur Cardona et al., 2025; Miguel, 2024; Mendes, 2022; OCDE, 2019.

De registos manuais para dados digitais organizados

Organizar a informação útil para a gestão do campo

Muitas PME agrícolas ainda mantêm informação dispersa: cadernos, folhas soltas, fotografias, mensagens, folhas de cálculo e memória. Esta dispersão dificulta a consulta, a comparação e o histórico das decisões tomadas no campo.

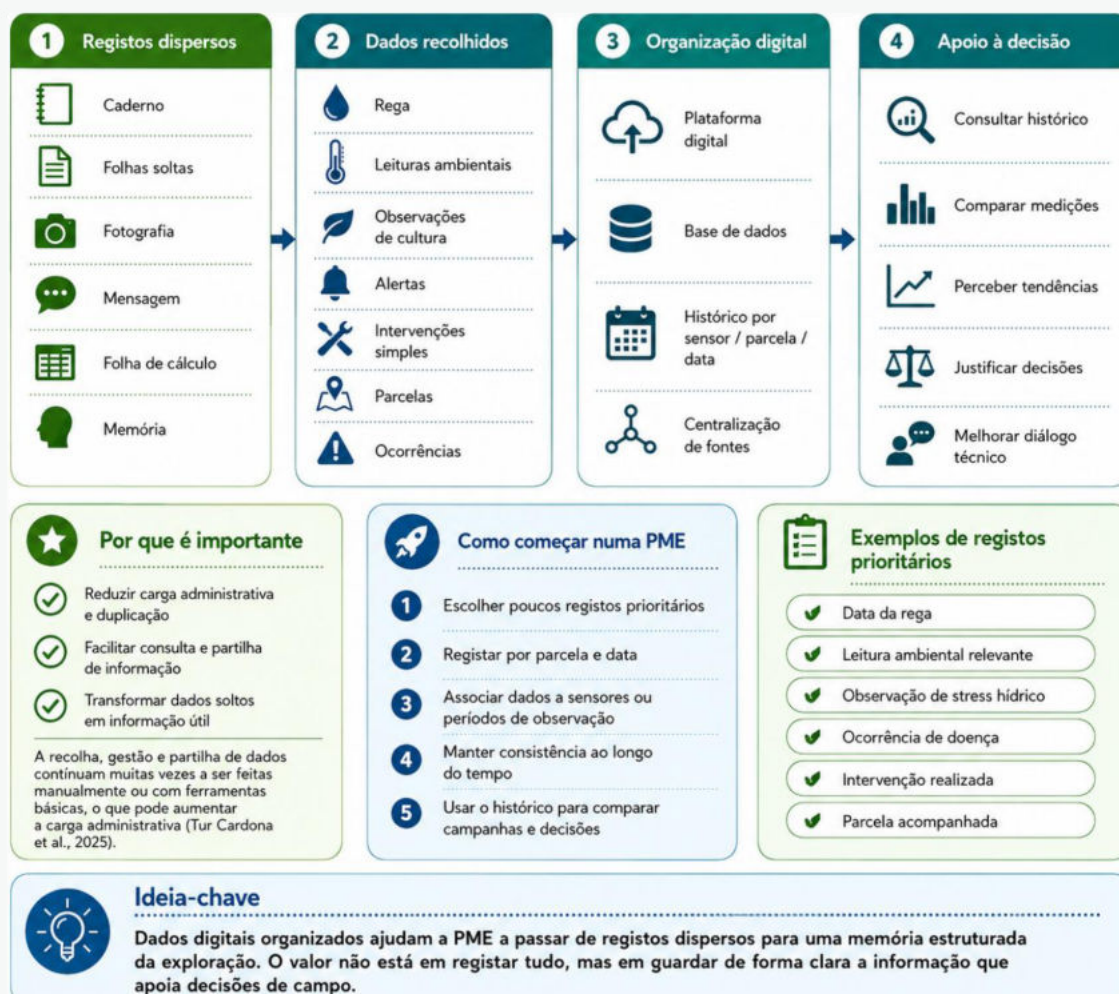
Organizar digitalmente os registos permite transformar dados soltos em informação útil, apoiando uma gestão mais eficiente, fundamentada e alinhada com os objetivos da exploração.

Princípio-base

Digitalizar não significa adotar sistemas complexos de imediato.

Significa organizar a informação relevante que já é usada na gestão do campo, de forma estruturada e acessível.

Figura 39 - Da dispersão à organização



Fonte: Tur Cardona et al., 2025; Miguel, 2024; Mendes, 2022; OCDE, 2019.

De decisões por percepção para decisões apoiadas por dados

A decisão apoiada por dados não substitui a experiência do produtor. Dados representativos, validados e corretamente interpretados complementam o conhecimento acumulado no terreno; dados incompletos ou enviesados não devem ser usados isoladamente.

Os dados ajudam a confirmar observações, comparar situações e avaliar o efeito das escolhas realizadas, permitindo decidir com menor incerteza



Princípio-base

Decidir com dados significa complementar a percepção do produtor com informação recolhida no campo, histórico e comparação entre situações

Figura 40 - Complementar a experiência do produtor com informação regular do campo



Fonte: *Tur Cardona et al., 2025; Miguel, 2024; Mendes, 2022; OCDE, 2019.*

Da intervenção tardia para alertas e resposta mais rápida

A IoT agrícola permite às PME agrícolas passar de uma vigilância apenas reativa para uma vigilância orientada por sinais de risco. Em vez de esperar que o problema se torne visível ou cause prejuízos, os sensores e outras fontes de dados ajudam a detetar indícios antecipadamente.

Os dados ambientais, do solo, água, cultura ou imagem podem gerar alertas, notificações ou avisos na plataforma quando são ultrapassados limites definidos ou identificados padrões de risco.

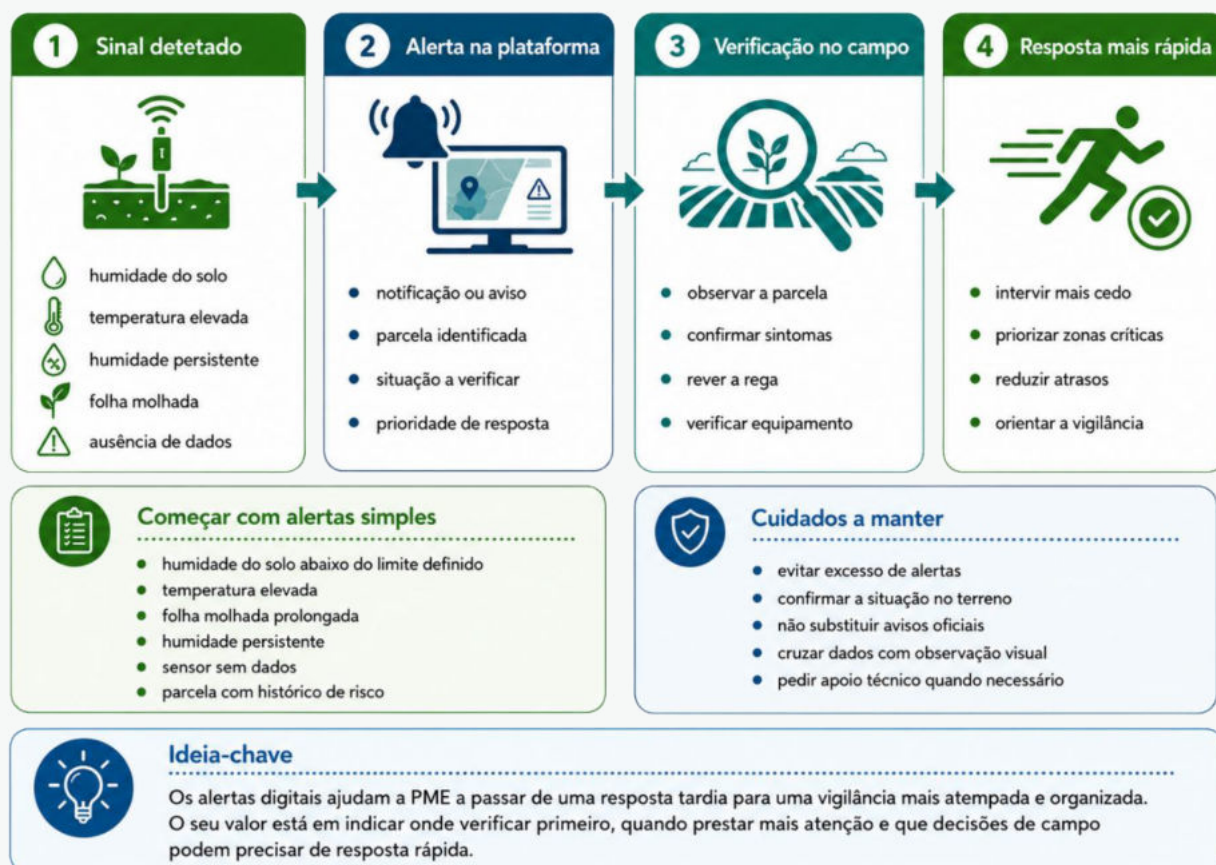
O objetivo dos alertas é orientar a ação: observar uma parcela, rever a rega, confirmar risco de doença, acompanhar stress hídrico ou verificar falhas de equipamentos.



Princípio-base

Um alerta útil não substitui a **decisão do produtor**. Deve indicar uma situação concreta a confirmar no campo e ajudar a priorizar a resposta.

Figura 4.1 - Alertas digitais para agir mais cedo



Fonte: Mendes, 2022; García et al., 2020.

Controlo remoto da produção: rega, equipamentos de campo e operações simples

O controlo remoto da produção é um estágio mais avançado da digitalização do campo.

Depois de medir, transmitir, organizar e interpretar os dados, alguns sistemas IoT podem atuar sobre equipamentos simples da exploração, sobretudo na rega e na gestão de recursos no campo.

Nos sistemas de rega inteligentes, os sensores podem estar ligados a bombas, válvulas, aspersores, gota-a-gota ou outros atuadores.

Em alguns casos, o técnico escolhe a ação manualmente, noutros, o sistema pode funcionar de forma automática ou semiautomática com base em valores definidos previamente.

Condições para avançar

Para uma PME, esta transição deve ser gradual.

Antes de automatizar, é essencial confirmar que a monitorização funciona bem, que as leituras foram verificadas, que a conectividade é estável e que a equipa consegue supervisionar o sistema.

O controlo remoto só cria valor quando está ligado a uma decisão prática e verificável.

Figura 4.2 - Controlo remoto da rega: implementação gradual e segura numa PME agrícola



Fonte: Miguel, 2024; García et al., 2020.

Módulo 6 – Benefícios, barreiras e fatores críticos de sucesso

Benefícios operacionais para as PME agrícolas

Melhor gestão da água, dos recursos e das decisões



A IoT agrícola aplicada a problemas concretos da exploração pode melhorar a forma como se acompanha o campo, se utilizam os recursos e se tomam decisões.



O valor da tecnologia está em gerar **benefícios práticos**: melhor utilização da água, decisões mais rápidas e redução da incerteza.

Principais benefícios operacionais

Melhor gestão da água

Ajuste da rega às necessidades reais da parcela, o que reduz desperdícios e melhora a eficiência.

Respostas mais atempadas

Acesso a dados regulares e organizados permite agir no momento certo, com informação atualizada.

Redução da incerteza

Leitura mais clara do que acontece no campo, o que diminui decisões baseadas apenas em perceção ou informação tardia

Mais eficiência na utilização de recursos

Melhor planeamento e gestão da água, energia, insumos e outras operações da exploração.

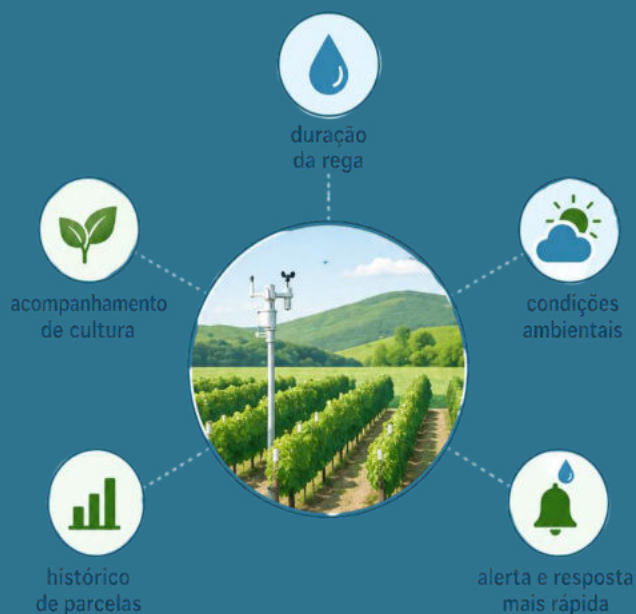
Figura 43 - Como a IoT gera valor



Na prática, traduz-se em:

- ✓ melhor ajuste da rega às condições da parcela
- ✓ menor dependência de leituras por rotina
- ✓ vigilância mais eficiente de zonas ou momentos críticos
- ✓ decisões tomadas com informação mais recente
- ✓ menor incerteza sobre o estado do campo
- ✓ melhor preparação para períodos críticos

Figura 44 - Onde os benefícios mais se destacam



Ideia-chave

A IoT agrícola é mais benéfica quando ajuda a PME a decidir onde, quando e quanto regar, sobretudo quando existe histórico e resposta rápida às alterações da exploração.

Menos deslocações, melhor acompanhamento e organização do trabalho



A monitorização remota permite acompanhar as parcelas entre visitas, podendo reduzir deslocações desnecessárias e ajudar o técnico a concentrar a presença no terreno onde é mais necessário.



A disponibilidade de dados melhora o acompanhamento das parcelas, ao comparar zonas, acompanhar tendências e identificar alterações ao longo do tempo.



Isto apoia uma maior previsibilidade na organização do trabalho: planeamento de visitas, rega, intervenções e utilização de mão de obra e equipamentos.

Figura 45 - Benefícios operacionais mais relevantes para PME

Benefício	O que pode melhorar na prática
 Melhor gestão da água	Manter rega nas condições ideais da parcela.
 Menos deslocações desnecessárias	Acompanhar parcelas à distância e em tempo real.
 Decisões mais rápidas	Dar alertas no momento certo para agir.
 Melhor cumprimento em parcelas	Comparar zonas, tendências e desempenho diário.
 Menor incerteza	Reduzir decisões baseadas apenas em perceção.
 Melhor organização do trabalho	Planear visitas, regas e intervenções com mais certeza.

Figura 46 - Como a IoT cria valor no dia a dia



1. Monitorizar

Sensores e dispositivos recolhem dados do solo, da água, do clima e da cultura em tempo real no campo.



2. Aceder

A informação é transmitida e organizada em plataformas digitais acessíveis no telemóvel ou computador.



3. Analisar

Os dados permitem comparar parcelas, identificar alterações e perceber tendências.



4. Agir melhor

Decisões mais certas através de recomendações e alertas no momento certo.



5. Resultados práticos

Melhor gestão da água e dos recursos, menos desperdício, colheitas mais regulares e rentáveis e maior segurança.

Figura 47 - Impactos práticos para a exploração

 Usar melhor a água e outros recursos	 Voltar apenas onde é necessário	 Poupar tempo e reduzir custos
 Intervir mais cedo e com mais confiança	 Acompanhar melhor a evolução da cultura	 Organizar melhor os dados do campo
 Síntese Os benefícios operacionais da IoT agrícola surgem quando os dados ajudam a PME a regar melhor, a poupar recursos, a reduzir deslocações, a decidir mais cedo, a acompanhar parcelas e a organizar o trabalho com menor incerteza. A tecnologia só cria valor quando responde a problemas reais da exploração e transforma dados em informação útil para a gestão e para a ação no campo.		

Fonte: Miguel, 2024; Mendes, 2022.

Benefícios ambientais e contributo para a sustentabilidade

Eficiência hídrica e redução de desperdícios



A IoT agrícola pode contribuir para a sustentabilidade quando ajuda a PME a utilizar melhor os recursos disponíveis e a reduzir desperdícios no campo.



O valor ambiental não vem da tecnologia em si, mas da forma como os dados são usados para ajustar operações concretas na exploração e tomar decisões mais adequadas à realidade da parcela.



A digitalização agrícola só produz benefício ambiental quando melhora a forma como a PME planeia e executa operações agrícolas e quando esse benefício é medido.

Figura 48 - Eficiência hídrica: o benefício mais evidente

Acompanhar o solo, a água e o clima permite ajustar a rega às necessidades reais da parcela e gerir melhor a água, especialmente em contextos de escassez hídrica e maior variabilidade climática.



Evita regas excessivas, regas em momentos inadequados e decisões baseadas apenas em calendários fixos. Apoiar uma gestão mais ajustada da água e dos recursos naturais.



Particularmente importante em territórios com seca, temperaturas elevadas e precipitação irregular: ajuda a perceber quando regar, quando adiar e onde há maior risco de défice hídrico.

Figura 49 - Na prática, a IoT pode ajudar a PME a:



Ajustar a rega às condições reais da parcela.



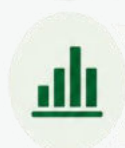
Evitar regas por rotina quando não são necessárias.



Identificar zonas com maior risco de défice hídrico.



Reduzir desperdícios de água, energia e tempo.



Acompanhar melhor recursos escassos em períodos críticos.



Planear operações com menor impacto ambiental.

Figura 50 - Redução de desperdícios com prudência



A IoT pode contribuir para reduzir desperdícios, mas não o faz automaticamente. Só acontece quando os dados são fiáveis, compreensíveis e usados para alterar práticas concretas no campo.



Sistemas simples de monitorização fornecem informação regular sobre o solo e o ambiente, ajudando o produtor a perceber melhor a evolução da parcela e a evitar decisões tomadas apenas por rotina.

Fatores que determinam o benefício ambiental



Dados fiáveis



Boa instalação e calibração



Manutenção e conectividade



Interpretação técnica



Capacidade da PME para agir

Quando estes fatores falham, a tecnologia pode perder utilidade ou até criar trabalho adicional.

Fonte: Miguel, 2024; OCDE, 2019.

Fatores de produção, adaptação climática e impacto real

Para além da água, a IoT agrícola pode apoiar uma utilização mais criteriosa dos fatores de produção.

Dados sobre solo, clima, rega e estado da cultura podem ajudar a perceber se determinada operação deve ser realizada, adiada ou avaliada com maior cuidado. O objetivo não é transformar a tecnologia num receituário agronómico automático, mas apoiar decisões mais responsáveis e ajustadas.



Princípio-base

Mais dados não significam automaticamente melhor desempenho ambiental.

O valor surge quando a informação é fiável, compreensível e usada em decisões concretas.

Figura 51 - Condições para gerar valor com a IoT agrícola



Condição	Contributo possível	Requisito de validação
Défice hídrico	Sinalizar necessidade de observação ou de rever a rega.	Sensor validado, zona radicular, cultura e balanço hídrico.
Precipitação irregular	Atualizar o balanço de água e o planeamento.	Medição representativa, chuva efetiva e previsão.
Aplicação de fatores de produção	Apoiar oportunidade e registo.	Análise agronómica, regras legais e confirmação no campo.
Variabilidade operacional	Identificar falhas, atrasos ou diferenças.	Linha de base, metadados e indicador de processo.
Adaptação climática	Documentar variações e testar respostas.	Série suficiente, fatores externos e comparação.
Impacto ambiental	Sustentar uma alegação apenas depois de medir.	Água, energia, fatores de produção e ciclo de vida do sistema.



Síntese

A IoT agrícola pode apoiar decisões mais atempadas e documentadas, mas não produz, por si só, ganhos produtivos ou ambientais. O benefício depende da qualidade dos dados, da alteração efetiva das práticas e da comparação com indicadores de referência.

Fonte: *Tur Cardona et al., 2025; García et al., 2020; OCDE, 2019.*

Barreiras à adoção da IoT agrícola

Figura 52 - Custos, conectividade e competências



Fonte: *Tur Cardona et al., 2025. Amostra de 1 444 explorações de nove Estados-Membros, Portugal não incluído, respostas múltiplas.*

Fiabilidade, interoperabilidade e governação dos dados

Após a instalação da solução de IoT agrícola, surgem desafios ligados à continuidade, à fiabilidade e à utilização simples dos dados na gestão diária da exploração.

Identificar e ultrapassar estas barreiras é essencial para aumentar a probabilidade de utilidade e permitir verificar os resultados.



Ponto Crítico

O **Código Europeu de Conduta sobre Partilha de Dados Agrícolas** é voluntário. O **Regulamento (EU) 2023/2854** – Regulamento de Dados – aplica-se desde 12 de setembro de 2025 e estabelece direitos e obrigações para situações abrangidas, incluindo o acesso a dados gerados por produtos conectados e a mudança entre determinados serviços de tratamento de dados. A aplicabilidade deve ser confirmada em função do contrato, do equipamento, do serviço e dos dados concretos em causa.

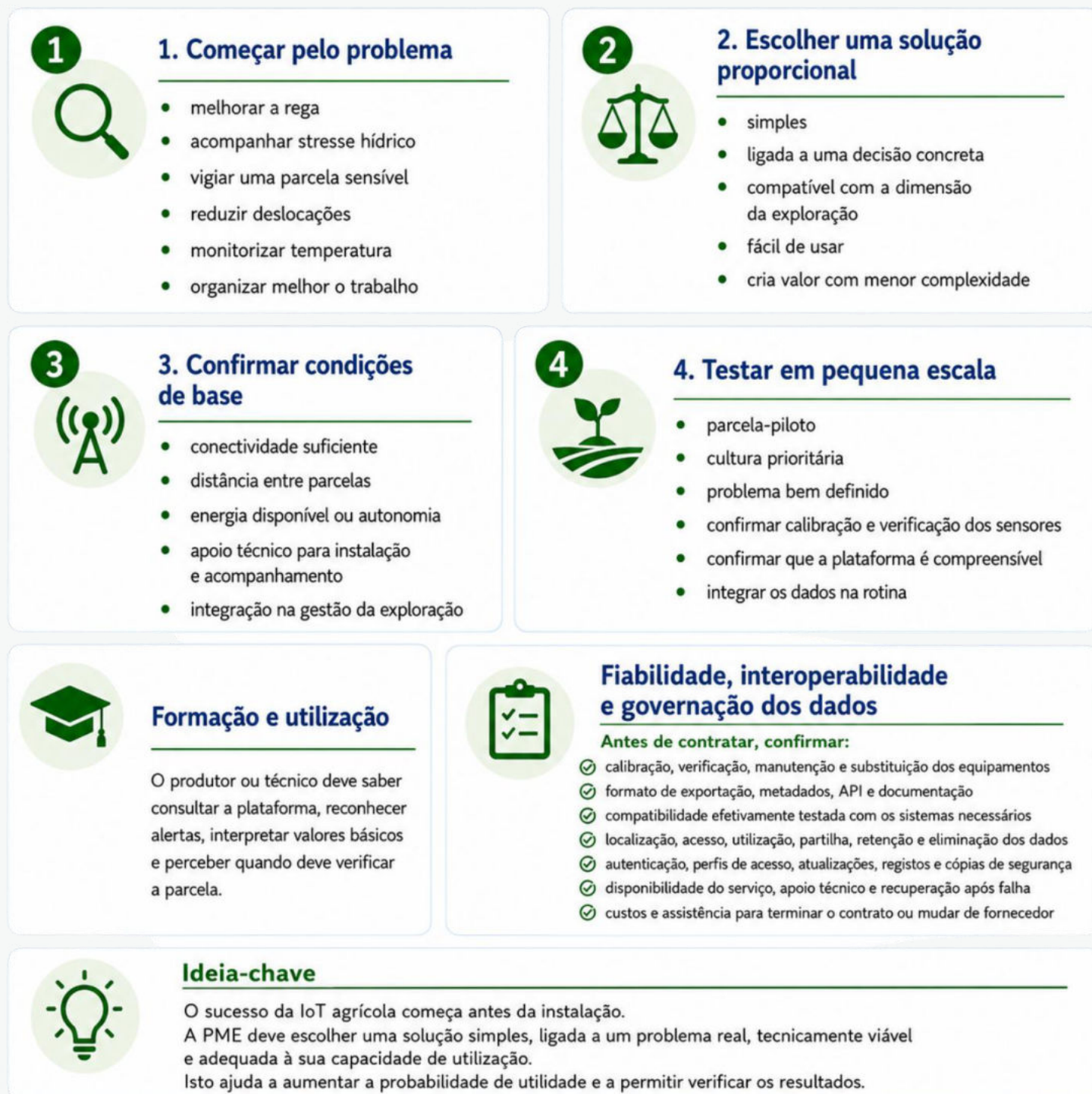
Figura 53 - Barreiras à adoção da IoT agrícola na PME



Fonte: *García et al., 2020; OCDE, 2019.*

Fatores críticos de sucesso na adoção da IoT agrícola

Figura 54 - Começar bem: problema, escala e condições de base



Fonte: [Tur Cardona et al., 2025](#); [García et al., 2020](#).

Manter valor: dados, fornecedores e avaliação de resultados

Depois da instalação, o sucesso da IoT agrícola depende da capacidade da PME para manter o sistema útil ao longo do tempo.

A tecnologia só cria valor se os dados continuarem fiáveis, se os sensores forem acompanhados, se a informação for usada na decisão e se os resultados forem avaliados.



Ideia Central

Validar dados, manter sensores, escolher plataformas com formatos exportáveis e documentação adequada e avaliar resultados antes de expandir são condições essenciais para transformar a tecnologia em valor prático para a exploração.

Figura 55 - Validação e expansão segura da IoT agrícola



Fonte: *EU CAP Network, 2025; García et al., 2020; OCDE, 2019.*

Módulo 7 – Fichas práticas de autoavaliação e planeamento de próximos passos

Ficha 1 – A minha exploração está pronta para começar?



Objetivo da ficha

Perceber se a exploração reúne condições mínimas para iniciar uma solução IoT agrícola, avaliando conectividade, energia, problema prioritário, recursos disponíveis e capacidade para acompanhar os dados recolhidos.



Antes de começar

Problema prioritário: ☐ Rega ☐ Stresse hídrico ☐ Temperatura ☐ Humidade
☐ Risco de doença ☐ Pragas ☐ Fertilidade do solo ☐ Outro: _____

Parcela ou cultura escolhida: _____

Período previsto para o teste: ☐ Cobrir fase representativa da cultura ☐ Definido mais tarde ☐ Outro: _____



Condições básicas para iniciar

Área a avaliar	Pergunta	Sim	Não	Observações / Ações necessárias
Problema e decisão	Tenho um problema claro e uma decisão a tomar com frequência definida?	☐	☐	
Problema prioritário	Sei qual é o problema que quero resolver primeiro?	☐	☐	
Conectividade	Existe cobertura de rede móvel, Wi-Fi ou outra solução de comunicação adequada?	☐	☐	
Energia	Existe energia disponível ou possibilidade de ter bateria ou painel solar?	☐	☐	
Acompanhamento	Tenho alguém que possa consultar os dados regularmente?	☐	☐	
Manutenção	Tenho capacidade para fazer manutenção básica ou acesso a apoio técnico?	☐	☐	
Investimento	Tenho orçamento definido para um teste inicial?	☐	☐	



Resultado rápido

Se respondeu "Sim" a todas as condições críticas



A exploração está pronta para avançar com um teste-piloto de IoT agrícola, começando por uma parcela-piloto e por um problema concreto.



Se respondeu "Não" a alguma condição crítica

Antes de investir, resolva a condição crítica identificada ou defina uma alternativa viável. Não inicie o teste-piloto sem resolver a limitação crítica.



Próximo passo recomendado

Problema definido + comunicação e energia adequadas	➔	Avançar para uma parcela-piloto
Problema definido, mas faltam condições técnicas	➔	Melhorar conectividade, energia ou capacidade técnica
Tecnologia em vista, mas problema ainda pouco claro	➔	Definir melhor o problema e a decisão a tomar
Interesse, mas sem orçamento ou apoio	➔	Procurar fornecedores, apoio técnico ou financiamento



Nota final

Não é necessário eliminar todas as limitações antes de testar. É obrigatório, porém, identificar as condições críticas, resolver os riscos inaceitáveis e documentar medidas de mitigação para as restantes limitações. Deste modo, aumenta a probabilidade de a IoT trazer valor prático para a gestão do campo.



Ideia-chave

Começar com condições críticas asseguradas, problema claro e um teste representativo da decisão é o primeiro passo para obter valor com a IoT agrícola.

Ficha 2 – Que problema quero resolver primeiro?



Objetivo da ficha

Ajudar a PME a começar pela necessidade concreta da exploração, e não pela tecnologia. Antes de escolher sensores, plataformas ou fornecedores, é importante identificar o problema agrícola ou operacional que se pretende melhorar.



1. Escolha do problema prioritário

Assinale o nível de prioridade de cada problema na sua exploração.

Problema	Prioridade baixa	Prioridade média	Prioridade alta
Gestão da rega	☐	☐	☐
Stress hídrico	☐	☐	☐
Temperatura elevada ou geada	☐	☐	☐
Risco de doenças	☐	☐	☐
Apoio à fertilização	☐	☐	☐
Acompanhamento de parcelas afastadas	☐	☐	☐
Organização do trabalho	☐	☐	☐
Falhas em equipamentos de campo	☐	☐	☐
Outro problema: _____	☐	☐	☐



2. Clarificação do problema escolhido

Escolha o problema com prioridade mais elevada e responda às perguntas seguintes.

Pergunta	Resposta
Em que cultura ou parcela ocorre este problema?	
Em que época do ano é mais crítico?	
Com que frequência acontece?	
Que perdas, custos ou dificuldades provoca?	
Como é acompanhado atualmente?	
Que decisão gostaria de tomar melhor?	



3. Resultado da ficha

Depois de preencher esta ficha, a PME deve conseguir completar as seguintes frases:

O primeiro problema que quero resolver com IoT é: _____

Porque preciso de decidir melhor sobre: _____



4. Nota final

Se o problema não estiver claro, não escolha ainda a tecnologia.

Defina a decisão, a frequência, o custo do problema e um indicador de referência.

A ficha permite selecionar a solução candidata mais adequada para o piloto; não prova antecipadamente que é a melhor.



Ideia-chave

Começar pelo problema certo ajuda a escolher melhor a tecnologia, os dados a recolher e o apoio técnico necessário.

Ficha 3 – Que dados preciso de recolher?



Objetivo da ficha

Relacionar o problema escolhido com os dados necessários para apoiar a decisão. Esta ficha ajuda a evitar a recolha de dados sem finalidade prática e orienta a PME para começar com informação simples, útil e interpretável.

1 Exemplos de dados por decisão

Use a tabela seguinte para identificar que dados podem ser relevantes para o problema escolhido.

	Problema identificado	Dados úteis a recolher
	Gestão da rega	Teor de água ou potencial mátrico na zona radicular; precipitação efetiva; variáveis para evapotranspiração; cultura e fase; caudal, pressão, uniformidade e registos de rega.
	Stresse hídrico	Água no solo, procura atmosférica, fase da cultura, observações/medidas do coberto e método validado.
	Temperatura elevada ou geada	Temperatura do ar, humidade relativa, vento, localização da parcela e observação local.
	Risco de doença	Cultura, patogénio, fase fenológica, temperatura, duração da humectação foliar/precipitação, observação e avisos oficiais.
	Apoio à fertilização	Análise representativa do solo, cultura, fase, objetivo, histórico, matéria orgânica, água de rega e, quando adequado, análise de tecidos; sensores IoT apenas como contexto validado.
	Acompanhamento de parcelas afastadas	Localização, dados ambientais, imagens ou observações regulares.
	Equipamentos de campo	Estado, caudal/pressão/energia, horas de funcionamento, falha e manutenção.
	Outro problema: _____	Dados úteis: _____

2 Dados essenciais, opcionais ou desnecessários nesta fase

Assinale que tipo de dados são realmente necessários para o primeiro teste de IoT.

	Tipo de dado	Essencial	Opcional	Não necessário nesta fase
	Solo	☐	☐	☐
	Água	☐	☐	☐
	Clima	☐	☐	☐
	Cultura	☐	☐	☐
	Localização	☐	☐	☐
	Fatores de produção	☐	☐	☐
	Equipamentos de campo	☐	☐	☐
	Imagem ou observação visual	☐	☐	☐

3 Dados prioritários para o primeiro teste

Depois de preencher a tabela, indique os dados que pretende recolher primeiro.



Dados essenciais para começar:



Dados que podem ficar para uma fase seguinte:



Dados que não são necessários neste momento:

Para cada dado, indicar: unidade, frequência, localização/profundidade, qualidade necessária, método de verificação e pessoa responsável.

4 Nota prática



Quanto menos dados forem necessários para decidir bem, melhor.

Numa primeira fase, é preferível recolher poucos dados úteis, fáceis de interpretar e ligados a uma decisão concreta, do que muitos dados difíceis de acompanhar ou sem utilidade imediata.



Ideia-chave

Recolher os dados certos, no momento certo, de forma simples e com um propósito claro, é o primeiro passo para gerar valor com a IoT.

Ficha 4 – Que solução IoT devo escolher?



Objetivo da ficha

Ajudar a PME a comparar soluções IoT de forma simples, considerando o problema que pretende resolver, os sensores incluídos, a comunicação, a plataforma, os custos, a manutenção, o apoio técnico e a facilidade de utilização.

1

Comparação de soluções

Use esta tabela para comparar duas ou três opções antes de decidir.

Critério	Solução A	Solução B	Solução C
Problema que resolve			
Sensores incluídos			
Tipo de comunicação			
Plataforma / app disponível			
Facilidade de utilização			
Custo inicial			
Custo mensal / anual			
Manutenção necessária			
Apoio técnico disponível			
Permite exportar dados?			
Funciona sem Internet permanente?			
É adequada à escala da exploração?			

2

Perguntas antes de decidir

Antes de escolher uma solução, confirme os pontos seguintes.

Pergunta	Sim	Não	Observações
A solução responde ao problema escolhido?	☐	☐	
Os dados são fáceis de consultar?	☐	☐	
A plataforma é compreensível para quem a vai usar?	☐	☐	
Há apoio técnico em caso de falha?	☐	☐	
Os sensores podem ser calibrados ou validados?	☐	☐	
Os custos de manutenção são claros?	☐	☐	
Sei onde ficam guardados os dados?	☐	☐	
Posso exportar os dados se quiser mudar de fornecedor?	☐	☐	
A solução pode crescer se o teste correr bem?	☐	☐	

3

Critérios mínimos para comparar soluções

- ☐ A grandeza, unidade, intervalo, resolução e exatidão/incerteza são adequados?
 - ☐ Existe método de calibração, verificação e validação no campo?
 - ☐ A autonomia, proteção ambiental e manutenção são adequadas ao local?
 - ☐ A cobertura, latência, armazenamento local e comportamento sem rede estão definidos?
 - ☐ Existem autenticação, perfis de acesso, atualizações e cópias de segurança?

- ☐ Posso exportar dados e metadados em formato utilizável e existe API documentada?
 - ☐ O contrato define direitos, utilização, localização, retenção e eliminação dos dados?
 - ☐ Existem apoio, peças, prazo de substituição e plano de saída?
 - ☐ Para atuadores: há comando manual, interbloqueios e estado seguro?
 - ☐ Qual é o custo total a três ou cinco anos?

4

Opção mais adequada

Depois de comparar as soluções, indique qual parece mais ajustada ao primeiro teste.

Solução escolhida para o teste inicial: _____

Principal razão da escolha: _____

Aspeto que ainda precisa de ser esclarecido: _____

5

Nota de prudência

Evite escolher a solução apenas pelo número de funcionalidades. Para uma PME, a melhor solução é aquela que resolve o problema prioritário, é fácil de usar, tem custos claros, pode ser mantida ao longo do tempo e permite à exploração manter controlo sobre os seus dados.



Ideia-chave

Comparar com foco no problema, nos requisitos críticos e no controlo dos dados ajuda a escolher melhor, reduz riscos e aumenta as hipóteses de sucesso do primeiro teste.



Ficha 5 – Plano simples de implementação em 30, 60 e 90 dias



Objetivo da ficha

Transformar a decisão de adotar uma solução IoT agrícola num plano de ação simples, com definição do problema, teste-piloto, acompanhamento, validação dos dados e decisão sobre manter, ajustar, interromper ou expandir a solução.



1. Plano 0–30 dias — Preparar o teste

Nesta fase, a PME deve definir o problema, escolher a parcela-piloto, confirmar as condições técnicas e preparar a implementação de forma organizada.

Ação	Responsável	Data prevista	Estado
1. Definir o problema prioritário			☐
2. Escolher a parcela-piloto			☐
3. Definir a linha de base			☐
4. Identificar os indicadores a acompanhar			☐
5. Confirmar conectividade e energia			☐
6. Selecionar o fornecedor ou integrador			☐
7. Escolher sensores e solução			☐
8. Confirmar custos, riscos e apoio técnico			☐
9. Definir responsabilidades internas			☐
10. Preparar o método de validação dos dados			☐



2. Plano 31–60 dias — Instalar, formar e validar

Nesta fase, o objetivo é instalar a solução, documentar o processo, formar os utilizadores e confirmar se os dados recolhidos fazem sentido quando comparados com observação no campo ou referência técnica.

Ação	Responsável	Data prevista	Estado
1. Instalar equipamentos			☐
2. Documentar localização, profundidade ou posição dos sensores			☐
3. Testar comunicação e transmissão de dados			☐
4. Formar os utilizadores			☐
5. Verificar se os dados estão a ser recebidos			☐
6. Comparar leituras com observação no campo			☐
7. Comparar leituras com referência disponível, quando aplicável			☐
8. Corrigir instalação, calibração ou comunicação, se necessário			☐
9. Testar alertas ou notificações			☐
10. Registrar falhas, indisponibilidades ou dificuldades de utilização			☐



3. Plano 61–90 dias — Usar, registar e rever

Nesta fase, a PME deve usar os dados em decisões reais, registar ações tomadas, custos, falhas e fatores externos que possam influenciar os resultados.

Ação	Responsável	Data prevista	Estado
1. Usar os dados em decisões reais de campo			☐
2. Registrar decisões tomadas com apoio dos dados			☐
3. Registrar custos de utilização e manutenção			☐
4. Registrar falhas de comunicação ou indisponibilidades			☐
5. Registrar fatores externos relevantes			☐
6. Rever os indicadores definidos no início			☐
7. Avaliar se os dados foram úteis para a decisão pretendida			☐
8. Avaliar se a solução simplificou ou complicou a rotina			☐
9. Recolher opinião da equipa ou do técnico responsável			☐



4. Decisão após o teste

No final do período definido, a PME deve responder à pergunta principal:

A solução ajudou a tomar decisões mais informadas ou apenas acrescentou trabalho à rotina da exploração?

Resposta: _____

Decisão final:

- ☐ Manter a solução
 ☐ Ajustar a solução
☐ Interromper a solução
 ☐ Expandir para outras parcelas numa fase posterior



5. Nota de prudência

Este calendário é indicativo. O período de teste deve representar a cultura, a fase produtiva e a decisão que se pretende melhorar.

Uma melhoria observada deve ser comparada com a linha de base e interpretada à luz de fatores como precipitação, fase da cultura, preços, operações realizadas, disponibilidade de mão de obra, falhas técnicas e outras condições externas.

A existência de melhoria durante o teste não prova automaticamente que a IoT foi a única causa do resultado observado.



Ideia-chave

Começar com objetivos claros, validar os dados e avaliar resultados com prudência ajuda a decidir se faz sentido manter, ajustar, interromper ou expandir a solução.



Síntese Final

A **digitalização do campo deve ser entendida como um processo gradual**, ajustado à realidade de cada exploração agrícola. Ao longo deste guia, a IoT agrícola foi apresentada como uma ferramenta prática para recolher dados no campo, acompanhar condições de solo, água, clima e cultura, e transformar essa informação em apoio à decisão.

Para **uma PME agrícola, o valor da IoT não está na quantidade de sensores instalados**, nem na complexidade da plataforma utilizada. **Está na capacidade de responder a problemas concretos**: gerir melhor a água, acompanhar parcelas dispersas, reduzir deslocações desnecessárias, antecipar situações de risco, organizar dados e apoiar decisões mais rápidas e fundamentadas.

A **adoção destas soluções deve começar de forma simples**. Antes de investir, é importante identificar o problema prioritário, perceber que dados são realmente necessários, confirmar condições de conectividade e energia, escolher uma solução compreensível e confirmar que existe capacidade para acompanhar, validar e manter o sistema.

A **IoT agrícola não substitui a experiência do produtor, a observação no terreno ou o aconselhamento técnico**. Pelo contrário, deve complementar esse conhecimento com informação mais regular, organizada e localizada. Quando bem aplicada, pode contribuir para uma agricultura mais eficiente, mais sustentável e mais preparada para responder à variabilidade climática, à escassez de recursos e às exigências de gestão das explorações.

No entanto, a **digitalização deve ser encarada com prudência**. Uma solução tecnológica só cria valor quando é simples de utilizar, responde a uma necessidade real, apresenta dados compreensíveis e pode ser mantida ao longo do tempo. Por isso, cada PME deve avaliar os resultados do teste inicial antes de avançar para soluções mais complexas ou investimentos mais alargados.

Glossário

Este glossário reúne os **principais termos utilizados ao longo do guia**, explicados de forma simples e orientada para a realidade das PME agrícolas. O objetivo é facilitar a compreensão de conceitos ligados à IoT agrícola, sensores, dados de campo, plataformas digitais, comunicação, apoio à decisão e cuidados práticos de implementação.

Termo	Explicação simples
Água no solo	Estado hídrico descrito, por exemplo, pelo teor de água (m^3/m^3 ou %) ou pelo potencial mátrico (kPa). As grandezas não são equivalentes e a interpretação depende do solo, profundidade e zona radicular.
Ajuste	Operação que altera o sistema de medição para produzir indicações prescritas.
Atuador	Equipamento que executa uma ação no campo, como abrir uma válvula, ligar uma bomba ou acionar parte de um sistema de rega.
Calibração	Operação que, em condições especificadas, estabelece a relação entre as indicações de um instrumento ou sensor e valores de referência, considerando a incerteza. A calibração não é sinónimo de verificação nem de ajuste.
Conectividade	Capacidade e condições de comunicação entre equipamentos e sistemas, caracterizadas por cobertura, disponibilidade, capacidade, latência, perdas e custo. Não implica funcionamento contínuo.
Controlo remoto	Envio, por utilizador autorizado, de um comando a um equipamento à distância. Deve incluir autenticação, confirmação de estado, registo, comando manual e comportamento seguro em caso de falha. A consulta à distância é monitorização remota, não controlo.
Dados de campo	Informação recolhida diretamente na exploração agrícola, como dados do solo, água, clima, cultura, localização, rega, fatores de produção ou equipamentos.
Dados em formato digital	Informação guardada em formato digital, que pode ser consultada, organizada, analisada ou exportada.

Eficiência hídrica	Relação entre a água utilizada e o serviço ou resultado obtido, definida para uma unidade e um período. Exige medição; não equivale apenas a «evitar desperdício».
Estação meteorológica agrícola	Conjunto de sensores que recolhe dados ambientais, como temperatura, humidade relativa, precipitação, vento e radiação solar.
Fatores de produção	Recursos aplicados ou usados na produção agrícola, como água, fertilizantes, produtos fitossanitários ou outros meios necessários à atividade no campo.
Gateway	Equipamento que recebe dados dos dispositivos no campo e os encaminha para a Internet, servidor ou plataforma digital.
Governança e segurança dos dados agrícolas	Regras e controlos sobre acesso, finalidades, utilização, partilha, localização, retenção, eliminação, cópias de segurança, responsabilidades contratuais e mudança de fornecedor. Quando existam dados pessoais, aplica-se também o regime de proteção de dados pessoais.
Histórico de dados	Conjunto de medições guardadas ao longo do tempo. Permite comparar dias, semanas, campanhas agrícolas ou parcelas.
Humectação foliar	Presença de água líquida numa superfície foliar ou sensor equivalente. Conforme o equipamento, a saída pode ser seco/molhado, sinal normalizado ou duração acumulada. O risco de doença depende de um modelo específico.
Humidade do solo	Quantidade de água presente no solo. É um dos dados mais utilizados para apoiar decisões de rega.
Humidade relativa do ar	Razão, expressa em percentagem, entre a pressão parcial do vapor de água e a pressão de saturação à mesma temperatura. Varia com o teor de vapor e com a temperatura.

Interoperabilidade	Capacidade de sistemas trocarem e utilizarem dados com significado preservado, com base em protocolos, formatos, modelos de dados, semântica e interfaces compatíveis e documentados.
IoT agrícola	Aplicação da Internet das Coisas à agricultura. Usa sensores, dispositivos ligados e plataformas digitais para recolher dados do campo e apoiar decisões.
LoRa	Tecnologia de comunicação por rádio, adequada a pequenos volumes de dados e baixo consumo em determinadas condições.
LoRaWAN	Protocolo e arquitetura de rede que utiliza LoRa e define a comunicação entre dispositivos, gateways e servidor de rede.
Microclima	Condições ambientais específicas de uma parcela ou zona da exploração, que podem diferir das previsões meteorológicas gerais.
Microcontrolador	Componente eletrónico programável que executa instruções, lê interfaces e pode processar/controlar funções. É um componente possível do nó, não o nó inteiro.
Nó de medição	Unidade instalada no campo que pode integrar um ou mais sensores, alimentação, aquisição, microcontrolador, relógio, memória e comunicação.
Painel de controlo / dashboard	Ecrã onde o utilizador consulta dados, gráficos, mapas, histórico, alertas ou estado dos sensores.
Parcela-piloto	Parcela escolhida para testar uma solução antes de a aplicar a outras zonas da exploração. Ajuda a reduzir risco e a avaliar utilidade.
Plataforma digital	Espaço digital onde os dados recolhidos no campo são guardados, organizados e apresentados de forma compreensível.
Portabilidade dos dados	Capacidade de obter e transferir dados e metadados em formato estruturado, de uso corrente e legível por máquina, com documentação suficiente para reutilização, nos termos técnicos e contratuais aplicáveis.

Proteção de dados agrícolas	Cuidados relacionados com acesso, armazenamento, utilização, partilha, exportação e eliminação dos dados gerados pela exploração agrícola. Não equivale necessariamente a proteção de dados pessoais, embora esta possa aplicar-se quando existam dados pessoais.
Rede de comunicação	Meio usado para transmitir dados entre sensores, dispositivos, gateways e plataformas. Pode incluir Wi-Fi, LoRa, rede móvel ou outras tecnologias.
Sensor	Equipamento que mede uma condição concreta no campo, como humidade do solo, temperatura, precipitação, caudal ou humectação foliar.
Validação	Confirmação de que os requisitos especificados são adequados para a utilização pretendida. No guia, significa verificar se os dados e a solução são úteis para a decisão agrícola concreta.
Verificação	Confirmação, com evidência objetiva, de que requisitos especificados foram cumpridos.
Wi-Fi	Tecnologia de comunicação sem fios útil em zonas com boa cobertura, proximidade a edifícios e disponibilidade de energia.

Referências bibliográficas e técnicas

AgriTerra. (s.d.). VINIoT: serviço de viticultura de precisão baseado numa rede de sensores IoT para a transformação digital de PME no espaço SUDOE.

[Consulte a fonte oficial.](#)

ATLAS Project. (s.d.). Interoperability Network.

[Consulte a fonte oficial.](#)

Comissão Europeia. (s.d.). A Europe fit for the digital age.

[Consulte a fonte oficial](#)

Comissão Europeia. (s.d.). A agricultura portuguesa e a União Europeia.

[Consulte a fonte oficial](#)

Comissão Europeia. (s.d.). Data Act.

[Consulte a fonte oficial.](#)

DEMETER Project. (s.d.). DEMETER approach towards an agricultural interoperability space.

[Consulte a fonte oficial.](#)

DFRobot. (s.d.). Gravity: Analog Soil Moisture Sensor, SEN0114.

[Consulte a fonte oficial](#)

Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. (s.d.). Indicações geográficas e especialidades tradicionais garantidas (DOP/IGP/IG/ETG).

[Consulte a fonte oficial.](#)

Direção-Geral de Alimentação e Veterinária. (2021). Proteção integrada das culturas: Volume I.

[Consulte a fonte oficial.](#)

ENISA. (2017). Baseline security recommendations for IoT in the context of critical information infrastructures.

[Consulte a fonte oficial.](#)

EU CAP Network. (2025). Assessing digitalisation under the CAP Strategic Plans.

[Consulte a fonte oficial.](#)

European Agricultural Machinery Industry Association et al. (2020). EU code of conduct on agricultural data sharing by contractual agreement.

[Consulte a fonte oficial](#)

EU_Code_of_conduct_on_agricultural_data_sharing_by_contractual_agreement_2020_ENG LISH.pdf FAO. (s.d.). Digital agriculture and AI innovation.

[Consulte a fonte oficial.](#)

FAO. (2025). Digital agriculture and AI innovation roadmap

[Consulte a fonte oficial](#)

Fontaínhas-Fernandes e Baptista, A. (coords.). (2023). Ecosistema agroalimentar, gestão ativa do território e desenvolvimento regional. CCDR-Norte/UTAD.

[Consulte a fonte oficial.](#)

García, L., Parra, L., Jimenez, J. M., Lloret, J., & Lorenz, P. (2020). IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends on sensors and IoT systems for irrigation in precision agriculture. *Sensors*, 20(4), 1042.

[Consulte a fonte oficial.](#)

INE - Instituto Nacional de Estatística. (2024). Inquérito à Estrutura das Explorações Agrícolas 2023.

[Consulte a fonte oficial.](#)

INE - Instituto Nacional de Estatística. (s.d.). Densidade populacional (NUTS 2024). Base de dados do INE.

[Consulte a fonte oficial.](#)

IRROMETER Company. (2026). WATERMARK Soil Moisture Sensor: 200SS WATERMARK Sensor (#403).

[Consulte a fonte oficial.](#)

Joint Committee for Guides in Metrology. (2012). International Vocabulary of Metrology: Basic and general concepts and associated terms (VIM).

[Consulte a fonte oficial.](#)

LoRa Alliance. (s.d.)What are LoRa and LoRaWAN?

[Consulte a fonte oficial.](#)

Machado, D. M. C. (2021). Estudo de soluções de sensoriamento da humectação de folhas [Dissertação de mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro]. Repositório UTAD.

[Consulte a fonte oficial.](#)

Mendes, J. M. F. S. (2022). Técnicas avançadas de monitorização em aplicações de agricultura de precisão [Tese de doutoramento, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro]. Repositório UTAD.

[Consulte a fonte oficial.](#)

Miguel, R. F. C. (2024). SOLAR-IOT: IoT for precision agriculture: SoilAir monitoring [Dissertação de mestrado, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa]. Repositório ISCTE-IUL.

[Consulte a fonte oficial.](#)

OECD. (2019). Digital opportunities for better agricultural policies. OECD Publishing.

[Consulte a fonte oficial.](#)

Parlamento Europeu e Conselho. (2002). Regulamento (CE) n.º 178/2002, que determina os princípios e normas gerais da legislação alimentar, cria a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos e estabelece procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios.

[Consulte a fonte oficial.](#)

Parlamento Europeu e Conselho. (2004). Regulamento (CE) n.º 853/2004, relativo à higiene dos géneros alimentícios.

[Consulte a fonte oficial.](#)

Parlamento Europeu e Conselho. (2004) Regulamento (CE) n.º 853/2004, que estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal.

[Consulte a fonte oficial.](#)

Parlamento Europeu e Conselho. (2023). Regulamento (UE) 2023/2854, de 13 de dezembro de 2023, relativo a regras harmonizadas sobre o acesso equitativo aos dados e a sua utilização e que altera o Regulamento (UE) 2017/2394 e a Diretiva (UE) 2020/1828 (Regulamento dos Dados).

[Consulte a fonte oficial.](#)

Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. (s.d.). Rede de sensores sem fios baseada em SOA para agricultura de precisão. Repositório UTAD.

[Consulte a fonte oficial.](#)

Vegetronix. (s.d.). VH400 Soil Moisture Sensor Probe. <https://vegetronix.com/soil-moisture-sensor> World Meteorological Organization. (s.d.). Guide to Instruments and Methods of Observation (WMO-No. 8).

[Consulte a fonte oficial.](#)

Ficha Técnica

Designação do Projeto | AgroNet Forward – Digitalizar o agroalimentar do Douro Tâmega

Nº do projeto | 25447

Promotores |

ADCEIDT – Associação de Desenvolvimento, Criatividade, Empreendedorismo e Inovação do Douro Tâmega

UTAD - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Aviso | COMPETE2030-2025-4

Designação do aviso | Ações Coletivas – Digitalização

Tipologia de Ação | Transição Digital das Empresas

Objetivos | Aproveitar as vantagens da digitalização para os cidadãos, as empresas, os organismos de investigação e as autoridades públicas (FEDER)

Edição e conteúdos | ADCEIDT

Guia n.º 1 | versão 1.0 | julho de 2026

A publicação tem finalidade de capacitação. A aplicação a uma empresa exige análise do processo, do produto, do risco, da legislação em vigor e dos requisitos contratuais. As designações de normas e protocolos não constituem recomendação comercial nem certificação.

