

**Interreg
Sudoe**



**Co-funded by
the European Union**

An-Gel Sudoe

Esta publicação reflecte apenas os pontos de vista do autor.

A Comissão Europeia não é responsável por qualquer utilização que possa ser feita das informações aí contidas.

**Estado da arte do controlo das geadas em França, Espanha e
Portugal.**

Resumo executivo



An-Gel Sudoe

Projeto	An-Gel Sudoe (S1/2.4/F0016). "Aviso e controlo das geadas de primavera na agricultura e na arboricultura".
Grupo de trabalho	Estudo e definição de soluções sustentáveis
Atividade	A.1.1 Estudo do estado da arte a nível transnacional
Entrega	E.1.1.1 Relatório transnacional sobre o estado da arte
Nível de difusão	Público
Data de validação	16/12/2024
Beneficiário responsável	Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries Àrea de Producció Vegetal Fruit Growing Programme
Beneficiários que participam na atividade	<ul style="list-style-type: none"> – Associação Climatológica da Região Norte-Garonne e do Sudoeste – Câmara de Agricultura da Dordogne – Invenio – NEIKER-Instituto Basco de Investigação e Desenvolvimento Agrícola, S.A. Produção Proteção das plantas – Instituto Murciano de Investigação e Desenvolvimento Agrícola e Ambiental (Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental) – Instituto Politécnico de Bragança Escola Superior Agrária – Comunidade Intermunicipal de Viseu Dão Lafões – Hydrometeorological Innovative Solutions, S.L.

ÍNDICE

A.	<i>Introdução</i>	<i>4</i>
B.	<i>Estudos regionais e locais sobre as alterações climáticas que afectam o risco de geada</i>	<i>4</i>
C.	<i>Episódios de geada mais relevantes dos últimos anos</i>	<i>5</i>
D.	<i>Princípios da geada</i>	<i>6</i>
E.	<i>Sistemas de proteção contra o gelo</i>	<i>7</i>
F.	<i>Aspectos sociais da geada e seu controlo.....</i>	<i>9</i>
G.	<i>O papel do seguro agrícola na gestão do risco de geada</i>	<i>10</i>
H.	<i>Conclusões e visões para o futuro dos problemas da geada.....</i>	<i>11</i>

A. Introdução

AN-GEL Sudoe é um projeto cujo objetivo é reunir e alargar os conhecimentos sobre a ocorrência de geadas primaveris nas árvores de fruto e na vinha, os seus mecanismos de ação e os sistemas para as combater em diferentes zonas de França, Espanha e Portugal.

O primeiro passo para atingir o objetivo específico proposto no projeto é reunir e sistematizar conhecimentos sobre os mecanismos da geada primaveril na arboricultura e na viticultura, o risco da sua ocorrência no contexto do aquecimento global, bem como os sistemas de controlo disponíveis e as implicações sociais da sua ocorrência.

Este estado da arte considera também o papel dos seguros agrícolas e as implicações sociais das geadas e a aplicação de métodos de controlo em cada uma das regiões e culturas afectadas.

Por último, são tiradas conclusões sobre o estado da arte das geadas e do seu controlo, bem como sobre as prioridades de investigação para fazer face às novas situações que surgirão no cenário em mudança como consequência dos efeitos das alterações climáticas.

B. Estudos regionais e locais sobre as alterações climáticas que afectam o risco de geada

Os resultados dos estudos sobre a evolução do clima nas últimas décadas e as projecções futuras são muito semelhantes nas diferentes áreas do projeto.

Nos últimos 70 anos, desde 1950, tem-se observado **um aumento das temperaturas médias** em todas as regiões:

- Espanha: 1,3°C em média,
 - Múrcia: 1,5°C (com diferenças entre zonas urbanas $+1,6^{\circ}\text{C}$ e zonas rurais $+1,3^{\circ}\text{C}$),
 - País Basco: 1°C (produzido entre 1985 e 2023 e especialmente nos últimos 10 anos);
- França (Agen): 1,8°C nos últimos 30 anos (aumento médio da temperatura de dez em dez anos de $+0,5^{\circ}\text{C}$, $+0,4^{\circ}\text{C}$ e $+0,9^{\circ}\text{C}$ nas últimas três décadas).
- Portugal (Bragança): cerca de 2°C. Principalmente devido ao aumento da temperatura máxima em fevereiro e março.

Foi igualmente observada uma **redução do número de dias de geada**:

- Espanha: redução generalizada do número de dias de geada por ano (entre $-0,04$ e $-0,8$ dias de geada por ano).
 - País Basco: O número de dias com geada de primavera de 1984 a 2023 foi reduzido em cerca de 1,5 dias.
- Portugal (Bragança). A ocorrência de geada no nordeste de Portugal, apesar da grande variabilidade interanual, tem vindo a diminuir nas últimas décadas, especialmente no período 2012-2022. O mês de abril também tem registado uma tendência decrescente na ocorrência de geada e uma diminuição da sua severidade.

E um aumento das temperaturas hibernais:

- País Basco: As temperaturas médias em fevereiro e março mostram um aumento de cerca de $0,6^{\circ}\text{C}$ de 1984 a 2023, ocorrendo principalmente nos últimos 30 anos. A temperatura mínima absoluta em abril apresenta uma certa estabilidade de 1984 a 2003, e um aumento de cerca de $0,6^{\circ}\text{C}$ nos últimos 20 anos.

Observou-se um aumento da temperatura média, uma redução dos dias de geada anuais e uma menor incidência de geadas primaveris em todas as regiões.

No entanto, observou-se também muito claramente **um avanço no abrolhamento e na fenologia de todas as espécies arbóreas, tornando-as muito mais sensíveis às geadas tardias**. Por exemplo,

na vinha, desde 1980, observou-se um avanço médio de 15 a 20 dias na Europa. No caso do castanheiro em França, em cerca de 10 anos, as variedades Bétizac e Marigoule têm abrolhado cerca de dez dias mais cedo.

As projecções climáticas indicam um aumento da temperatura nas próximas décadas:

- País Basco: Estima-se que a temperatura média anual aumente 0,85°C nos próximos 30 anos, enquanto o número de dias de geada primaveril se mantém inalterado no mesmo período.
- Agen: Aumento da temperatura entre 1,8°C e 2,8°C nos próximos 30 anos. Em 70 anos, a temperatura média em Agen aumentará entre 5°C e 6°C.
- Dordogne: as temperaturas médias poderão aumentar entre 2°C e 4°C até ao final do século, enquanto as temperaturas mínimas poderão aumentar 0,95°C em 2050 e 2,94°C em 2100, em comparação com a mediana de 1985-2020.

As projecções prevêem igualmente uma **diminuição da ocorrência de geadas**:

- Em Espanha, será particularmente importante nas bacias do Douro e do Ebro (menos 10 a 20 dias em 2060), enquanto nas zonas costeiras da Comunidade Valenciana e de Múrcia a presença de geada será um fenómeno extremamente raro.
- Agen: em 2053, perder-se-á uma quinzena de geadas anuais entre outubro e abril e, entre março e maio, verifica-se uma redução do número de dias de risco de geada.
- Dordogne: o número de dias de geada será reduzido de 30 a 50% em 2050 e praticamente desaparecerá em 2100. A data da última geada será antecipada de 10 dias em 2050 e de quase 1 mês em 2100, em relação ao período 1985-2020.

Embora não existe um consenso claro sobre o efeito do futuro aquecimento global na ocorrência e gravidade **das geadas de primavera**, é indiscutível que **o abrolhamento da vegetação no final do inverno ocorrerá cada vez mais cedo, com diferenças entre regiões**. No caso da vinha, por exemplo, prevê-se um avanço de 28 a 31 dias na Alemanha e de 7 a 11 dias em Espanha.

Em todo o caso, e sempre num contexto de grande incerteza, é provável que o número de geadas primaveris diminua, mas, quando ocorrerem, os efeitos serão muito mais graves devido ao maior número de culturas em fase sensível que se podem encontrar nessa altura.

C. Episódios de geada mais relevantes dos últimos anos

Em cada zona climática, os episódios de geada mais prejudiciais ocorrem em alturas diferentes, consoante as condições meteorológicas e as culturas que afectam.

Nas zonas **francesas** produtoras de frutos doces **do Médio Garonne e, em Espanha, do Vale do Ebro**, os episódios mais relevantes de geadas primaveris ocorrem geralmente no **início de abril**. Os mais recentes ocorreram a 3 e 4 de abril de 2022 e a 5 e 6 de abril de 2021, causando perdas de produção significativas em ambas as zonas

Na **zona de Múrcia**, em Espanha, as geadas mais severas ocorrem geralmente em **janeiro** (10-12 de janeiro de 2019 e 23-24 de janeiro de 2023) porque a fenologia das árvores de fruto nesta região é muito mais precoce do que noutras regiões.

Por outro lado, no **País Basco**, **as geadas de meados a finais de abril** são as mais perigosas, pois afectam as videiras, que já se encontram num estado sensível

Na zona dos castanheiros da **Dordogne e das árvores de fruto em Portugal**, as geadas podem causar danos às culturas **durante todo o mês de abril**

As geadas de fevereiro de 1956 são recordadas em todas as regiões, uma vez que, na sequência de uma vaga de frio polar que afectou toda a Europa, as temperaturas foram inferiores a -20°C durante vários dias consecutivos, o que levou à perda de muitas espécies mediterrânicas em todas as zonas

D. Princípios da geada

O conhecimento dos princípios físicos da geada é essencial para compreender o seu funcionamento e as possibilidades dos vários sistemas de controlo da geada.

As geadas ocorrem quando o balanço entre a energia recebida e armazenada por um órgão sensível da planta e a energia emitida por esse órgão é negativo e a perda de energia causada por este processo faz com que a temperatura desça abaixo dos limiares de sensibilidade e danifique os órgãos. Estes limiares variam consoante a espécie e o estágio fenológico das plantas, sendo o período mais sensível, no caso das árvores de fruto, o período de floração e frutificação

Conceptualmente, a geada é causada por processos físicos de radiação, advecção e/ou evaporação

No caso das geadas **de radiação**, a queda de temperatura é o resultado da perda de calor através do processo de radiação, em que o balanço entre a energia emitida pelo solo e pelas plantas para a atmosfera em relação energia recebida da atmosfera e a armazenada nestes corpos é tão negativo que provoca uma queda de temperatura, que, se for inferior à temperatura limite nas culturas, causará danos à produção ou à qualidade. Estas são as geadas mais frequentes nas zonas incluídas no projeto. Ocorrem em situações anticiclónicas com a presença de ar frio e seco em toda a espessura da atmosfera, com céu limpo e ausência de nuvens que impedem a perda de energia por radiação. Nestas condições, ocorre a inversão térmica, que faz com que as camadas de ar em contacto com o solo e as plantas sejam mais frias do que as situadas a uma certa altura. Este é o tipo de geada em que é mais fácil combater os seus efeitos com os diferentes sistemas de defesa.

As geadas **de advecção**, também conhecidas como "geadas negras", por uma deslocação horizontal de uma massa de ar frio que, nas nossas regiões, corresponde a uma invasão de ar de norte a nordeste, provocando uma temperatura negativa, qualquer que seja a cobertura do céu ou a humidade do ar. Este tipo de geada pode ocorrer a qualquer hora do dia e é mais frequente no inverno e no Leste de França. Ao trazer ar seco e frio, cria frequentemente condições propícias a geadas de radiação nas noites seguintes, quando o vento pára, aumentando consideravelmente os danos (como aconteceu em fevereiro de 1956 ou janeiro de 1985).

As geadas **por evaporação** ocorrem quando as plantas sensíveis estão cobertas de orvalho ou de água após um humedecimento ou uma rega interrompida, e a temperatura ambiente aproxima-se dos 0°C a -2°C . Se, nestas condições, o ar for ligeiramente agitado e o ar mais seco entrar em contacto com as plantas molhadas, uma parte da água será transformada em vapor e será extraída energia das plantas molhadas. Isto provocará uma descida brusca da temperatura das células vegetais, que causará danos se descer abaixo do limiar de danos durante um período de tempo suficiente.

Embora estes três tipos de geada possam ser identificados e explicados objetivamente, na realidade podem ocorrer simultaneamente ou sucessivamente na mesma noite, o que torna difícil a sua análise e interpretação no momento.

E. Sistemas de proteção contra o gelo

Os métodos **passivos de defesa** contra a geada são os sistemas, actividades e práticas que também podem ser designados por "preventivos" e que seriam aplicados antes da ocorrência da geada, a fim de tentar minimizar os seus efeitos caso esta ocorra.

Uma boa proteção contra as geadas começa desde o momento em que se planeia um projeto de plantação. O estudo da probabilidade de geada e do risco de danos na zona, juntamente com um estudo microclimático da parcela, é essencial para garantir a localização correta das plantações e para evitar perturbações económicas, uma vez que o investimento na plantação (por vezes muito elevado) já foi feito.

Após a plantação, há uma série de actividades e práticas que têm um efeito sobre os danos causados pela geada e que podem reduzir a necessidade de medidas de controlo ativo. Nas nossas condições, alguns métodos de proteção passiva seriam:

- **Fertilização correta e** equilibrada sem excesso de nutrientes
- **Sistemas de formação e de poda** adaptados. Por exemplo, árvores altas ou podas tardias nas vinhas.
- **Gestão** correta **do solo**. Um solo compactado, sem cobertura herbácea (ou com uma cobertura herbácea muito reduzida) e com um teor de água na capacidade de campo seria a situação mais favorável para a capacidade de armazenamento e transmissão de calor do solo.

Os sistemas **de proteção ativa** são aqueles que são ativados quando ocorre a geada, a fim de evitar, tanto quanto possível, os seus efeitos adversos. Existem vários tipos, consoante o princípio físico em que se baseia a sua ação.

Os primeiros sistemas baseiam-se no fornecimento de água, de forma contínua e em quantidade adequada, de modo a que o calor latente gerado quando esta água congela mantenha a temperatura dos órgãos sensíveis acima do limiar que causará danos. Isto é feito com instalações de rega **por aspersão** (com taxas de aplicação entre 35 e 45 mm/hora). Em zonas menos propensas, e onde os recursos hídricos são menos abundantes, utilizam-se microaspersores de aplicação contínua ou intermitente (com taxas de aplicação entre 12 e 30 mm/hora e menor pressão de funcionamento), tanto sob como sobre as árvores. São os sistemas de defesa mais vantajosos porque permitem um aumento considerável da temperatura em todos os tipos de geada e o seu custo é o mais baixo em relação à proteção obtida (entre 600 e 1.200 €/ha e ano). A sua limitação mais importante é a elevada quantidade de água (juntamente com a segurança da sua disponibilidade) necessária para garantir que o sistema possa funcionar sem interrupções durante as horas necessárias. Além disso, algumas espécies frutíferas não suportam bem os fenómenos de asfixia radicular que podem ocorrer temporariamente com a sua utilização.

Os sistemas de **ventiladores fixos ou portáteis só funcionam em situações de inversão térmica**, sem vento, e a sua eficácia depende em grande medida da intensidade da inversão térmica e da distância ao ventilador. O seu custo de funcionamento é superior ao dos sistemas hídricos (cerca de 1700-1800 euros/ha/ano para 10 horas de geada) e o nível de proteção que oferecem é limitado e muitas vezes incerto.

Os sistemas com **aquecedores fixos ou móveis** fornecem calor sob a forma de radiação ou convecção através da combustão de vários materiais: fuelóleo, gás, pellets, briquetes ou resíduos de biomassa vegetal. As velas de parafina também têm sido muito utilizadas. A eficiência depende do número de pontos de emissão instalados e da produção de calor de cada um deles. Para conseguir aumentos de temperatura apreciáveis (2,5-3°C) é necessário um grande número de

unidades (60 a 400 por ha consoante o modelo) e o seu custo de exploração é bastante elevado (entre 2500 e 5000 €/ha e ano com 10 horas de geadas por ano). O funcionamento, a ligação e a manutenção destes sistemas exigem muita mão de obra e os combustíveis derivados do petróleo não são muito sustentáveis e geram uma grande quantidade de fumo. Seriam adequados para pequenas parcelas, culturas de elevado valor e geadas pouco frequentes, em que não são possíveis outros métodos.

Em suma, não existe um sistema que possa ser adaptado universalmente e todos têm aspectos positivos e negativos e limitações que os tornam mais ou menos aplicáveis em diferentes contextos de produção. Em todo o caso, **os sistemas baseados na contribuição da água (quando disponível) são os mais interessantes para o controlo ativo da geada.**

No que diz respeito à utilização de produtos químicos na proteção contra as geadas, existe uma vasta gama de produtos no mercado internacional que são vendidos sob a alegação de atenuarem os danos causados pelas geadas. O modo de ação destes produtos varia consoante o tipo de produto e a sua formulação. Tradicionalmente, o ethephon e outros fitorreguladores têm sido utilizados para atrasar a data de floração e escapar ao período de risco de geada; no entanto, a utilização deste fitorregulador não é autorizada em alguns países e a sua aplicação pode representar um risco de redução do rendimento. O paclobutrazol, o ácido abscísico (ABA) e os óleos minerais (e vegetais) também foram testados como retardadores da fenologia da vegetação.

A capacidade de alguns nutrientes minerais (potássio, cálcio, boro e ácido orto-silícico) para proteger as culturas contra o stresse por frio e reduzir os danos causados pelas geadas foi avaliada por diferentes autores. No entanto, a partir dos resultados da literatura científica, observa-se que a eficácia destes nutrientes é variável e depende do tipo de nutriente, da cultura, das condições de aplicação e do desenvolvimento da geada. A nível experimental, algumas moléculas orgânicas como os aminoácidos livres, as poliaminas, as proteínas anticongelantes, os oligossacáridos ou os nanocristais de celulose demonstraram ter um certo efeito no aumento da resistência à geada de determinadas culturas.

Atualmente, podem ser encontrados no mercado produtos antitranspirantes e bioestimulantes que afirmam comercialmente ter atividade de resistência à geada. Os antitranspirantes são geralmente baseados em resinas do tipo beta-pineno, enquanto os bioestimulantes são constituídos por uma combinação de diferentes tipos de componentes (polietilenoglicol, sais minerais, antioxidantes como o alfa-tocoferol, fosfolípidos ou hidratos de carbono). Em alguns casos, existem estudos científicos que apoiam a eficácia destes produtos (*Basfoliar® Frost Protect; Kryoss*), mas em muitos casos tem esse efeito benéfico e há pouca informação fiável sobre o seu modo de ação e a melhoria proporcionada. Seria interessante continuar a experimentar, em condições controladas, estes produtos que poderiam fornecer uma proteção (mesmo que parcial) no âmbito de uma estratégia combinada de luta contra as geadas.

F. Aspectos sociais da geada e seu controlo

As geadas, as medidas adaptadas para as combater e os seus efeitos na produção e na qualidade das culturas afectadas têm um impacto social significativo, tanto para os produtores afectados como para a sociedade que com eles convive, e têm uma relação direta com a produção agrícola.

As opiniões dos produtores sobre a gestão dos riscos de geada e a utilização de meios de defesa são de grande importância para garantir a produção de determinadas culturas e o seu desenvolvimento e sustentabilidade a longo prazo

Por outro lado, tendo em conta que a população ativa dedicada à produção agrícola é cada vez menos numerosa (na Catalunha mal ultrapassa 1% do total da população ativa) e representa uma percentagem cada vez menor da economia, **a resposta social** das pessoas não ligadas à agricultura em aspectos relacionados com a ocorrência de geadas e os métodos de defesa contra as mesmas pode condicionar cada vez mais a sua aplicação.

A presença de fumos ou partículas provenientes da combustão de materiais de proteção das culturas devido à entrada de calor, o ruído gerado pelas torres de ventilação ou a concorrência entre a utilização da água para proteção das culturas e outras utilizações podem condicionar a possibilidade de utilização destes sistemas de defesa e, em alguns casos, comprometer a viabilidade de algumas culturas ou variedades em determinadas zonas.

Neste sentido, nas diferentes áreas onde o projeto está a ser desenvolvido, foi feita uma avaliação das condicionantes e reacções sociais que surgem em relação à geada e ao seu controlo.

No **País Basco**, as culturas sensíveis aos efeitos da geada (vinha) concentram-se em zonas muito específicas da Rioja Alavesa, predominantemente rurais, onde a produção de vinho constitui a base da economia local. Neste contexto, a proteção contra as geadas é conhecida, aceite e gera muito poucas reacções sociais.

Apesar do valor significativo da produção, **a grande maioria dos viticultores não utiliza atualmente sistemas de controlo ativo das geadas na vinha.**

Na **Região de Múrcia**, a produção de frutos e produtos hortícolas precoces é uma das principais actividades agrícolas. **O elevado valor destes produtos faz com que a proteção contra as geadas seja uma atividade importante para manter a produção ao longo dos anos.** Do ponto de vista social, o maior problema é gerado pela queima de substâncias muito frequentemente utilizadas para combater as geadas na Vega de Murcia, com a conseqüente produção de fumos. Esta situação afecta tanto a saúde pública como o ambiente das populações mais próximas das zonas produtoras (Cieza, Abarán ou Molina de Segura) e gera, por vezes, controvérsia social. A aplicação de melhores práticas agrícolas e a adoção de tecnologias limpas serão essenciais para atenuar os efeitos negativos sobre as populações circundantes.

Lleida é conhecida mundialmente pela sua fruta doce, que ocupa cerca de 34 000 hectares, aproximadamente 82% da superfície frutícola total da Catalunha, e é uma referência na fruticultura de toda a Espanha.

A proteção contra as geadas destas culturas sempre foi uma **preocupação dos agricultores**, que aumentou nos últimos anos devido a várias geadas importantes. Esta situação levou a um aumento do investimento em sistemas de defesa ativa, especialmente em **instalações de aspersão e microaspersão** (em áreas onde há água disponível) e, em menor grau, em torres de ventilação e aquecimento.

An-Gel Sudoe

Por outro lado, a questão da geada e os métodos de controlo utilizados não costumam causar conflitos sociais para além do incómodo gerado quando são utilizados sistemas produtores de fumo nas proximidades das grandes cidades e, sobretudo, da capital da província.

Na zona produtora de castanha do sudoeste **de França**, o efeito da geada na diminuição da produção é muito considerável (até 70% nas piores condições). Apesar disso, **os produtores não aplicam sistemas de controlo ativo e limitam-se a tentar equilibrar o balanço económico da produção**, tendo em conta que muitos deles se dedicam a outras actividades para além da produção de castanha. No caso das vinhas e pomares, o controlo é feito em parcelas de elevado rendimento, como os kiwis e as macieiras, sendo a água o meio de controlo privilegiado. Nos casos em que são utilizadas torres de ventilação, existem frequentemente problemas com os vizinhos, que podem ser reduzidos através de uma boa comunicação. Os fumos já não são considerados um meio de controlo eficaz, o que elimina as queixas relativas a problemas de saúde ou simplesmente o risco de acidentes de viação devido à visibilidade reduzida.

Em **Portugal**, apesar da ocorrência de geadas primaveris ser muito frequente em algumas regiões, nomeadamente no interior do país e particularmente no nordeste, onde a produção frutícola tem uma importância económica e social significativa, **a utilização de métodos activos de proteção contra as geadas é reduzida** e limitada a um número reduzido de produtores. Consequentemente, os aspectos sociais ou económicos mais relevantes estão relacionados com as perdas de produção e as suas consequências para a sustentabilidade económica dos produtores, das cooperativas e outras empresas do sector. O seguro de colheitas minimiza estes impactos, mas não é suficiente para garantir a sustentabilidade da atividade agrícola a médio e longo prazo.

G. O papel do seguro agrícola na gestão do risco de geada

O seguro agrícola é um elemento essencial da cobertura dos danos causados pela geada nos diferentes países. Este sistema está muito desenvolvido nos três países do projeto. Em todos os casos, existe uma base legislativa importante para o seu funcionamento.

O nível de contratação está a aumentar, especialmente em Espanha e Portugal, onde os agricultores recebem um subsídio significativo para os prémios de seguro, que pode atingir 70% do seu valor (em Portugal).

No contexto atual, com um risco crescente de aumento de fenómenos extremos, todos os sistemas procuram mecanismos que garantam **a sua sustentabilidade**, selecionando os riscos seguráveis e adaptando as coberturas à nova realidade climática, tendo como contrapartida o aumento dos apoios e subsídios à subscrição das apólices sobretudo no caso de grupos prioritários como os jovens agricultores profissionais e as explorações agrícolas prioritárias.

H. Conclusões e visões para o futuro dos problemas da geada

Depois de analisar os diferentes aspectos envolvidos na incidência de geadas nas culturas e os métodos de defesa disponíveis, podem ser tiradas algumas conclusões e reflexões sobre a situação atual, a evolução e os aspectos mais relevantes que devem ser tidos em conta na gestão futura destes eventos.

Apesar do aumento global das temperaturas, os danos causados pelas geadas de primavera podem aumentar significativamente. A combinação de temperaturas inverniais mais amenas que modificam a fenologia das culturas, antecipando o aparecimento das fases mais sensíveis, com episódios esporádicos mas intensos de invasão de ar polar, pode aumentar as perdas económicas nas culturas devido a estas geadas.

Por conseguinte, os métodos de proteção contra a geada desempenharão um papel fundamental nos próximos anos.

Os métodos de defesa passiva tornar-se-ão cada vez mais importantes, pois são a forma mais eficiente e económica de evitar os danos causados pela geada. **O conhecimento microclimático** ao nível das parcelas de produção, juntamente com estudos de risco **actualizados**, será fundamental na tomada de decisões sobre novas plantações. Neste sentido, o recente trabalho realizado em Múrcia com este objetivo pode ser um exemplo a seguir noutras áreas de produção.

Do mesmo modo, o estudo do impacto, a nível local, de outras **técnicas de defesa passiva de baixo custo e fácil aplicação** (adiamento da poda, gestão do solo e da cobertura vegetal, gestão da rega, quando disponível) deve ser uma prioridade. Do mesmo modo, o efeito sobre as geadas e a gestão otimizada das estruturas de proteção das culturas, tais como coberturas plásticas, mantas térmicas ou redes antigranizo, são também de interesse.

Nesta linha, entre as actividades deste projeto An-Gel Sudoe o estudo da **poda tardia aplicada** às vinhas do País Basco e o efeito no balanço térmico das parcelas de diferentes instalações e sistemas de gestão (estruturas de proteção combinadas com a gestão do coberto vegetal e do teor de água do solo).

Do mesmo modo, a utilização de **mapas térmicos** é uma boa ferramenta para determinar as diferenças de temperatura ao nível das parcelas, com base na posição geográfica e na gestão do solo e da água. No projeto An-Gel Sudoe, essas medições também serão efectuadas em grandes áreas em várias zonas de produção.

A melhoria dos modelos de previsão meteorológica e dos sistemas de alerta de geadas espalhados por toda a região de produção (estações-piloto), coordenados com avisos através de boletins técnicos e meios de transmissão digital, permitirão aos profissionais das culturas antecipar e planear melhor a aplicação de estratégias de proteção contra as geadas.

No que se refere às técnicas de proteção, a estratégia ativa destinada a **aumentar a capacidade radiativa do solo**, mantendo a sua saturação hídrica durante o período crítico das geadas primaveris, parece ser uma abordagem promissora. No entanto, deve ser adaptada à fisiologia das culturas (nomeadamente do castanheiro, que não tolera o excesso de humidade) e às capacidades técnicas de aplicação de água. A aplicação desta técnica, combinada com a gestão do coberto vegetal para conciliar a otimização das condições térmicas do solo (melhor com o solo nu) com as vantagens da manutenção do coberto vegetal, constitui um desafio importante para a melhoria do controlo das geadas.

A otimização das técnicas de proteção ativa mais importantes é também outro desafio a estudar neste projeto.

An-Gel Sudoe

O sistema de proteção baseado na **aplicação de água nas plantas por aspersão** ou microaspersão é o que permite um maior grau de cobertura nas diferentes condições climáticas em que a geada pode ocorrer. No entanto, num contexto de escassez e de pressão social para reduzir o consumo e aumentar a eficiência da utilização da água, a utilização de novos sistemas de aplicação (microaspersão intermitente de baixo volume e microaspersão localizada) será essencial. Para tal, é necessário experimentar estes sistemas para determinar o seu comportamento e as suas limitações e para otimizar a conceção e a gestão das instalações. Neste sentido, no projeto An-Gel Sudoe, serão instaladas várias parcelas piloto com diversos sistemas deste tipo, o que permitirá aumentar o conhecimento sobre os mesmos.

Tendo em conta o aparecimento contínuo de **produtos químicos** com diferentes sistemas de ação cuja alegação de venda é a proteção contra a geada, seria altamente aconselhável realizar testes de eficácia controlados para validar a sua eficácia real.

A utilização de um drone cartográfico com uma câmara térmica permitirá verificar a eficiência das **torres de ventilação** ao longo do terreno circundante e, ao mesmo tempo, ver o efeito da dessecação produzida pelo fluxo de ar na resistência ao gelo. A este respeito, o efeito deste fenómeno sobre as bactérias de congelação será de interesse.

No final de 2026, após a realização das experiências e o intercâmbio de dados e experiências entre as diferentes áreas, teremos progredido no conhecimento e na proposta de soluções eficazes para o controlo e a redução dos danos causados pelas geadas de primavera.