

MANUAL DE BOAS PRÁTICAS PARA A PRODUÇÃO DE CEREAIS



InnoCereal



Projeto cofinanciado pela União Europeia
através do programa LIFE21-CCM-ES-LIFE
Innocereal EU/101074009

Duração do projeto: 01/07/2022 - 30/06/2026

Agrifood Comunicación

Calle Daoiz, 6, Bajo B
28004, Madrid
917 21 79 29
agrifood@agrifood.es
www.agrifood.es

Redação:

Emilio J. González Sánchez, Universidad de Córdoba (UCO)
Francisco Márquez García, Universidad de Córdoba (UCO)
Antonio M. Conde López, Universidad de Córdoba (UCO)

Conceção e disposição:

Manuel Ramírez Torrescusa

ISBN: 978-84-09-57976-1

Autori:

Emilio J. González Sánchez, Universidad de Córdoba (UCO), Francisco Márquez García, Universidad de Córdoba (UCO), Jesús A. Gil Ribes, Universidad de Córdoba (UCO), Gregorio L. Blanco Roldán, Universidad de Córdoba (UCO), Antonio M. Conde López, Universidad de Córdoba (UCO), Rafaela M. Ordoñez Fernández, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Rosa M. Carbonell Bojollo, Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Ricardo Migueláñez, Agrifood Sector Communication S.L. (AGRIFOOD), Óscar Córdoba, Agrifood Sector Communication S.L. (AGRIFOOD), José M. Basanta Reyes, Asociación Española de Técnicos Cerealistas (AETC), Julio Román Vázquez, European Conservation Agriculture Federation (ECAAF), Manuel R. Gómez Ariza, Asociación Española de Agricultura de Conservación Suelos Vivos (AEACSV), Óscar Veroz González, Asociación Española de Agricultura de Conservación Suelos Vivos (AEACSV), Francisco M. Sánchez Ruiz, Asociación Española de Agricultura de Conservación Suelos Vivos (AEACSV), Jorge Blanco Gallego, Greenfield Technologies S.L. (GF), Miguel Córdoba Pérez, Greenfield Technologies S.L. (GF), Ignacio Solís Martel, Cooperativas Agro-Alimentarias de España U. de Coop. Sociedad Cooperativa (CAE), Antonio Catón Vázquez, Cooperativas Agro-Alimentarias de España U. de Coop. Sociedad Cooperativa (CAE), Sagrario Sáez Mejía, Heineken España S.A. (HEINEKEN-HESA), Agustín Martínez Navarro, Heineken España S.A. (HEINEKEN-HESA), Jaime Mas, Productos Alimenticios Gallo S.L. (GALLO), Juan Gabriel Vargas Olmo, Cuetara S.L.U. (CUETARA), Javier de Sebastián Arnaiz, Limagrain Iberica S.A. (LIMAGRAIN), Agustín del Canto, Artadi Alimentacion S.L. (OKIN), Elisabete Ferreira, M. Ferreira & Filhas LDA (PAO DE GIMONDE), Pablo Granell Albert, Sipcam Iberia S.L (SIPCAM), Ricardo Salvador Soldado, Antonio Tarazona S.L.U. (TARAZONA), Paloma Polo, Harinas Polo S.A. (HARINAS POLO), Paula Elso, Monbake Grupo Empresarial S.A.U. (MONBAKE), Rafael Eraso, Inter Malta S.A. (INTERMALTA).

ÍNDICE

Abstract	9
1. Sementeira direta	11
2. Rotação de culturas	15
3. Sementes certificadas e sementes de reemprego	19
4. Utilização de sistemas auxiliares de guiamento	22
5. Colheita com monitor de rendimento	26
6. Distribuição variável de fertilizantes	31
7. Otimização da utilização de produtos fitofarmacêuticos	35
8. Adubação de fundo incorporada na linha de sementeira	39
9. Aplicação de fertilizantes com libertação controlada no solo	42
10. Utilização de produtos bioestimulantes misturados com produtos fitofarmacêuticos	46
11. Utilização de cadeias de abastecimento de proximidade	49
12. Indicadores	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Implantação de uma cultura de cereais em resíduos vegetais de girassol (Fonte: Antonio M. Conde López)	11
Figura 2. Sistema pormenorizado de espalhamento de resíduos na ceifeira-debulhadora de cereais (Fonte: European Conservation Agriculture Federation (ECAAF))	11
Figura 3. Semeador monodisco para sementeira direta de cereais (Fonte: Antonio M. Conde López)	12
Figura 4. Semeador de relha para sementeira direta de cereais (Fonte: Antonio M. Conde López)	12
Figura 5. Rotação girassol-trigo (Fonte: Antonio M. Conde López)	15
Figura 6. Esquema de rotação de culturas (Fonte: elaboração própria)	15
Figura 7. Ensaio de variedades de cereais (Fonte: Ignacio Solís Martel)	19
Figura 8. Sementes certificadas (Fonte: Asociación Nacional de Obtentores Vegetales (ANOVE))	20
Figura 9. Sistema móvel diretamente ligado ao volante (Fonte: Trimble)	23
Figura 10. Mapa do rendimento gerado na colheita do trigo (Fonte: Severiano Real Moreno)	26
Figura 11. Ecrã do monitor de desempenho Ceres 8000i (Fonte: RDS Technology)	27
Figura 12. Mapa de prescrição de adubação variável (Fonte: projeto Innovatrigo)	28
Figura 13. Quadriciclo preparado para amostragem do solo (Fonte: projeto Innovatrigo)	31
Figura 14. Mapa de prescrição e adubação variável em função da produção da parcela (Fonte: projeto Innovatrigo)	32

Figura 15. Caudal mássico em função da superfície de abertura dos três principais adubos utilizados na cultura de cereais: fosfato diamónico «PDA», ureia e nitrato amónico «Nitrato» (Fonte: projeto Innovatrigo)	32
Figura 16. Distribuidor centrífugo de fertilizantes sólidos (Fonte: Amazone)	32
Figura 17. Consumo médio de energia nas culturas cerealíferas (Fonte: projeto Innovatrigo)	33
Figura 18. Comparação entre a utilização de bicos normais e de bicos antide- riva(Fonte: projeto Topps-Prowadis)	37
Figura 19. Disposição do fertilizante incorporado na linha de sementeira (Fonte: Antonio Tarazona S.L.U.)	39
Figura 20. Mobilidade dos principais macronutrientes no solo (Fonte: Anto- nio Tarazona S.L.U.)	39
Figura 21. Distância máxima de assimilação de nutrientes não móveis no solo (Fonte: Antonio Tarazona S.L.U.)	39
Figura 22. Distribuidor centrífugo de fertilizantes sólidos (Fonte: projeto Innovatrigo)	42
Figura 23. Fertilizantes com sistemas de libertação controlada no solo numa cultura de trigo (Fonte: Antonio M. Conde López)	43
Figura 24. Inibidor da urease (Fonte: Antonio Tarazona S.L.U.)	43
Figura 25. Momentos de aplicação dos bioestimulantes (Fonte: Antonio Ta- razona S.L.U.)	46
Figura 26. Estrutura L-aminoácidos à esquerda e D-aminoácidos à direita (Fonte: Antonio Tarazona S.L.U.)	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Consumo de combustível e sobreposições de operações agrícolas em culturas anuais com implementação de sistemas auxiliares de guiamento (Fonte: projeto LIFE+Agricarbon)	24
Tabela 2. Consumo de combustível e sobreposições de operações agrícolas em culturas anuais com lavoura convencional (Fonte: projeto LIFE+Agricarbon)	24
Tabela 3. Emissões de CO₂ equivalente (kg/ha) de diferentes tipos de adubação e doses de aplicação (Fonte: projeto Innovatrigo)	40
Tabela 4. Impacto das Boas Práticas em diferentes indicadores (Fonte: elaboração própria)	51

O Manual de Boas Práticas para a Produção de Cereais é composto por 11 Boas Práticas focadas sobretudo na redução do impacto da produção dos cereais em estuado, trigo duro, trigo mole e cevada, nas alterações climáticas e na promoção da adaptação e mitigação, mas sempre numa perspetiva de promoção de uma agricultura sustentável e inovadora que facilite a adoção de novas tecnologias. Além disso, no final do Manual, um quadro sintetiza o impacto positivo de cada uma das Boas Práticas descritas em vários indicadores agronómicos, económicos e ambientais. O objetivo do Manual é contribuir para melhorar as economias dos agricultores,

aumentar a sustentabilidade da produção de cereais e combater as alterações climáticas, adoptando as inovações desenvolvidas através da formação, não só para os agricultores, mas também para todos os intervenientes na cadeia dos cereais e para a sociedade em geral.



Sementeira direta

A não mobilização do solo é uma prática agronómica em culturas anuais incluída no primeiro princípio da Agricultura de Conservação: «Perturbação mínima do solo» (também designada por não mobilização ou sementeira direta) e refere-se à prática de cultivo em que o solo não é perturbado de um ano agrícola para o outro. O objetivo desta prática é estabelecer um cultivo anual diretamente numa cama de semente que não tenha sido perturbada mecanicamente e, assim, sofrido alterações das propriedades físico-químicas do solo (Kassam et al., 2009) (Figura 1).



Figura 1. Implantação de uma cultura de cereais em resíduos vegetais de girassol (Fonte: Antonio M. Conde López)

A introdução desta prática a nível nacional exige uma mudança de mentalidade, pois implica a eliminação total das operações que alteram a estrutura do solo. A sua adoção pelos agricultores implica a disponibilidade de maquinaria específica, bem como de conhecimentos técnicos e agronómicos sobre o manejo. Exige uma gestão diferente do solo e do sistema de cultivo.

Para uma boa implantação e desenvolvimento da cultura, é necessário que, durante a colheita da cultura anterior, a ceifeira-debulhadora realize um corte ade-

quado e uma distribuição homogénea dos resíduos vegetais.

Recomenda-se, portanto, que a ceifeira-debulhadora de cereais seja equipada com uma picadora e espalhadora para os resíduos das culturas colhidas (Figura 2).



Figura 2. Sistema pormenorizado de espalhamento de resíduos na ceifeira-debulhadora de cereais (Fonte: European Conservation Agriculture Federation (ECAAF))

Estes semeadores diretos, como são designados os semeadores para sementeira direta, estão equipados com vários dispositivos que nos permitem regulá-los de forma independente em função das características da sementeira a efetuar, condicionando o tipo de semeador direto usado, havendo os seguintes tipos:

Semeador direto de disco.

Possui discos de corte na frente do semeador de linha de resíduos vegetais com um bordo exterior liso ou estriado, consoante o volume e o tipo de resíduos vegetais, para melhorar o corte e o espalhamento. O semeador de linha é composto por discos que abrem a cama de semente, podendo ser discos simples ou duplos. Em ambos os casos, estão inclinados em relação à superfície do solo. Uma particularidade dos semeadores monodisco é o facto de, normalmente, não terem um disco de corte frontal, pois os discos de sementeira têm

a função de cortar os resíduos vegetais e abrir o sulco de sementeira. Finalmente, o fecho do sulco de sementeira é feito por meio de rodas de tapamento, cuja forma, material e disposição variam consoante o fabricante (Figura 3).



Figura 3. Semeador monodisco para sementeira direta de cereais (Fonte: Antonio M. Conde López)

Semeador direto de relha.

Possuem relhas para abrir o sulco de sementeira, realizando um corte vertical no solo. Neste tipo, há que ter em conta que o espaçamento mínimo entre relhas deve ser de 40 cm, para evitar a acumulação de resíduos vegetais entre elas (Figura 4).



Figura 4. Semeador de relha para sementeira direta de cereais (Fonte: Antonio M. Conde López)

A escolha do semeador mais adequado, seja ele de disco ou de relha, é uma das decisões mais importantes para os agricultores, pois dela depende a sementeira correta. Para a tomar, devem ser tidos em conta os seguintes aspetos:

-  O manejo dos resíduos da cultura anterior deve ser feito com um sistema eficiente de corte dos resíduos vegetais em cada unidade componente e/ou facilitando a movimentação dos resíduos vegetais entre as relhas através do aumento do espaçamento entre linhas de sementeira. Pode mesmo ser instalado um dispositivo frontal para separar os resíduos antes dos elementos de corte, deixando a linha de sementeira com um menor volume de resíduos vegetais.

-  Aspetos pedológicos e agronómicos da exploração.

-  Dispor de mapas de trafegabilidade para evitar problemas de compactação.

-  Os semeadores diretos têm maior volume e peso, pelo que é aconselhável utilizar pneus de alta flutuação para evitar a compactação.

Proporciona uma série de benefícios ambientais, sociais e económicos, procurando melhorar os ecossistemas de uma forma sustentável e atenuar as alterações climáticas através da eliminação da lavoura, nomeadamente:

-  Favorece o armazenamento de carbono no solo, atingindo níveis de sequestro de CO₂ de até 2 toneladas por hectare e por ano. (González-Sánchez et al., 2018).

-  Os agregados do solo não se decompõem e impedem a libertação de gases com efeito de estufa, minimizando assim as emissões para a atmosfera.

✿ Menor consumo de combustível e, por conseguinte, menos tempo e energia consumidos.

✿ Poupança de custos e aumento da produtividade.

✿ A biomassa dos resíduos vegetais à superfície mantém a humidade do solo e a sua decomposição aumenta o teor de matéria orgânica no solo.

✿ Melhora a estrutura porosa do solo uma vez que não sofreu alterações mecânicas.

✿ Conservação e melhoramento dos microrganismos do solo e da biodiversidade em geral.

✿ Maior infiltração e retenção de água.

✿ Redução da erosão e do escoamento superficial.

Uma correta sementeira direta de cereais, juntamente com uma boa seleção das culturas a semear entre anos agrícolas, implica uma rotação de culturas adequada e, como pilares da Agricultura de Conservação, a sementeira direta e a rotação de culturas são os aliados perfeitos para atenuar as alterações climáticas e conservar o ambiente de forma sustentável.



Bibliografia

González-Sánchez, E. Moreno-García M., Kassam A., Holgado-Cabrera A., Triviño-Tarradas P., Carbonell-Bojollo R., Pisante M., Veroz-González, O., Basch G. (2018). Conservation Agriculture: Making Climate Change Mitigation and Adaptation Real in Europe. European Conservation Agriculture Federation (ECAAF). www.ecaf.org

Kassam, A.H., Friedrich, T., Shaxson, T.F., Pretty, J.N. (2009). The spread of conservation agriculture: justification, sustainability and uptake. *Int. J. Agric. Sustainability* 7, 292-320. <https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0477>



Rotação de culturas

A rotação de culturas consiste na semeadura sucessiva de diferentes culturas de espécies anuais na mesma parcela de terra, seguindo uma ordem definida entre os anos agrícolas. (Figura 5). Este conceito contrasta com a monocultura, que se baseia no cultivo repetitivo de plantas da mesma espécie e no mesmo campo, ano após ano.



Figura 5. Rotação girassol-trigo (Fonte: Antonio M. Conde López)

A rotação de culturas melhora a eficiência dos sistemas agrícolas para aumentar o carbono orgânico do solo em comparação com a monocultura.

A magnitude deste efeito depende da rotação seguida e da técnica de manejo do solo adotada pelo agricultor. A sucessão das espécies cultivadas não deve ser deixada ao acaso, pois só assim se pode planejar corretamente e no momento certo o trabalho agrícola, tendo em conta as condições edafoclimáticas da zona.

O princípio fundamental para desenvolver uma rotação é muito simples. Envolve alternar culturas com tipos de vegetação, sistemas radiculares e necessidades de nutrientes diferentes (Figura 6).

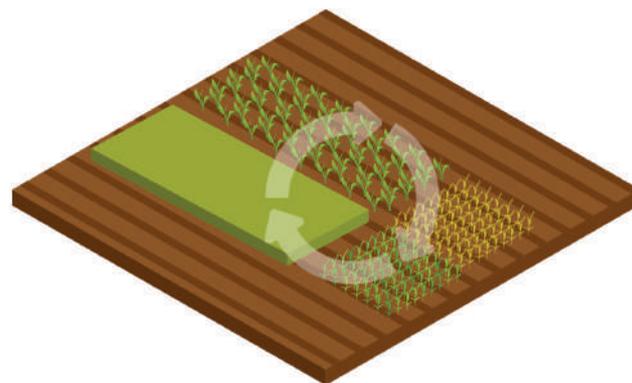


Figura 6. Esquema de rotação de culturas (Fonte: elaboração própria)

Conseguindo manter uma produtividade equilibrada ao longo do tempo e não esgotando completamente os nutrientes e a água do solo. E que a maioria das explorações cerealíferas em Espanha são de sequeiro.

A rotação de culturas anuais, por oposição à monocultura, apresenta muitas vantagens, nomeadamente:

- 🌿 Reduz o risco de problemas de pragas e doenças, uma vez que a mudança de espécies de culturas entre anos agrícolas não permite que o ciclo de vida das pragas e doenças se repita.

- 🌿 Controlo de ervas daninhas através da seleção de espécies anuais que não tenham sido previamente plantadas na superfície do solo, através da implantação de culturas de cobertura, como as leguminosas, ou de espécies como as pertencentes à família das crucíferas, que são denominadas adubos verdes. Estes últimos casos fornecem nutrientes ao solo e proteção contra as ervas daninhas e outros problemas, como a perda de humidade do solo e a perda de solo fértil.

- 🌿 Melhora a estrutura do solo e, conseqüentemente, a sua qualidade, devido

aos diferentes comportamentos dos sistemas radiculares das espécies cultivadas.

- ✿ Maior eficiência na utilização de nutrientes e água.

- ✿ Regula a quantidade de biomassa à superfície a partir de resíduos de culturas.

- ✿ Melhora e conserva a biodiversidade da zona cultivada e do ambiente.

- ✿ Aumenta o sequestro de carbono do solo graças a um maior teor de matéria orgânica do solo e, por conseguinte, aumenta a fertilidade.

Em grande parte do espaço nacional e europeu, a rotação de culturas apresenta todas as vantagens acima referidas, mas é necessário seguir uma série de recomendações, designadamente:

- ✿ Utilizar espécies com diferentes necessidades nutricionais.

- ✿ Não seguir os calendários de tarefas tradicionais, dado que cada ano agrícola é diferente em termos de condições climáticas e físico-químicas do solo.

- ✿ Utilização de sementes certificadas para garantir uma emergência ótima, o que implica uma sementeira recorrendo a máquinas adequadas à cultura em questão.

- ✿ Utilização de diferentes substâncias ativas ou, quando apropriado, doses especificadas pelo fabricante de agroquímicos para evitar a resistência a pragas e doenças.

- ✿ Se a zona de cultivo ficar seca, plantar o pousio com espécies que protejam contra a erosão e forneçam nutrientes e matéria orgânica, como as leguminosas.

- ✿ Controlo do tráfego de máquinas e mudança de direção de cultivo das espécies entre anos agrícolas para evitar a compactação do solo.

- ✿ Se for realizado o pastoreio na zona cultivada, limitar o tempo de atividade e sectorizar a zona de cultivo para evitar a compactação excessiva e a contaminação com novas sementes de ervas daninhas; neste caso, o tipo de gado selecionado terá influência.

- ✿ Ter em conta os calendários de tarefas de anos agrícolas anteriores com o caderno de campo atualizado.

- ✿ Utilizar a Agricultura de Precisão para otimizar as operações agrícolas e utilizar os produtos agroquímicos de forma eficiente.

- ✿ Recorrer à figura do Técnico Agrícola ou Engenheiro Agrónomo para apoiar as decisões tomadas no terreno e gerir o caderno detalhado de operações agrícolas.

- ✿ A nível económico, ter em conta os preços de mercado de cereais a nível internacional.

Esta série de recomendações, ano agrícola após ano agrícola, confirma as vantagens da rotação de culturas em relação à monocultura, mas também vem corroborar os estudos científicos que demonstram como a rotação de culturas combate as alterações climáticas, graças a uma maior eficiência das operações agrícolas e consequente redução do consumo de energia.

Além disso, esta redução do consumo de energia deve-se à otimização dos fatores de produção, tais como fertilizantes, sementes, produtos fitofarmacêuticos, etc. Tudo isto leva a uma menor emissão de gases com efeito de estufa para a atmosfera.





Sementes certificadas e sementes de reemprego

Assegurar a sementeira das culturas cerea-líferas com sementes de qualidade é promover uma boa produção de grão, independentemente da influência climática durante o ciclo de cultivo estabelecido. A escolha de uma semente de qualidade e da variedade de cereais adequada é, portanto, um dos fatores de produção mais importantes para o sucesso económico da exploração agrícola e uma das primeiras decisões a tomar pelo agricultor em cada ano agrícola. Utilizando sementes certificadas ou sementes de reemprego, como produto de primeira qualidade e normalizado.

Contribuindo para uma agricultura inovadora, rentável e sustentável com os meios à disposição dos agricultores e aumentar a produtividade das explorações agrícolas.

A semente certificada é o fruto da investigação em matéria de melhoramento genético e tecnológico, que é transferido para o setor agroalimentar e que constitui uma garantia de qualidade, de rastreabilidade, de homogeneidade e de melhor saúde das culturas. Conduz a uma maior segurança alimentar para os seres humanos alimentados com produtos transformados resultantes da transformação de cereais e para os animais alimentados diretamente com sementes de cereais ou após a transformação das mesmas. As novas variedades introduzidas no mercado apresentam resistência genética aos stresses bióticos e abióticos presentes em cada região e este é um processo dinâmico devido às flutuações do clima e ao aparecimento de novas estirpes de doenças e pragas. Ao comprar sementes certificadas, estamos a contribuir para o financiamento de programas de melhoramento que nos ajudam a resolver os danos causados por estes stresses (Figura 7).



Figura 7. Ensaio de variedades de cereais (Fonte: Ignacio Solís Martel)

A certificação é, portanto, essencial para garantir aos obtentores, multiplicadores, agricultores e ao resto da cadeia de valor que a semente foi inspecionada e verificada desde a sua origem, durante o seu processo de produção no campo, o seu acondicionamento e o seu armazenamento, de acordo com as rigorosas normas de qualidade estabelecidas.

Esta certificação acarreta uma série de benefícios:

- ✦ Aumento do rendimento das culturas.
- ✦ Garante uma boa implantação das culturas com o objetivo de assegurar e aumentar a produção.
- ✦ Cultivo de sementes de cereais não contaminadas com sementes de ervas daninhas.
- ✦ Menor densidade de sementeira graças à garantia de germinação e à ótima saúde das sementes.
- ✦ Favorece uma agricultura mais competitiva, permitindo investir em investigação para a criação de novas

variedades adaptadas às alterações climáticas para a melhoria da produção.

🌱 Assegura uma classificação correta das colheitas em função da sua qualidade, uma vez que a genética de cada variedade condiciona o destino final dos diferentes lotes de cereais para as indústrias do malte, da farinha, da sêmola ou da alimentação animal.

A engenharia genética criou uma semente certificada que já não é apenas o material vegetal de onde provém a planta, mas

incorpora também a capacidade de melhorar a germinação, a implantação e o bom desenvolvimento da cultura, favorecendo assim a produção (Figura 8).

As sementes certificadas são fundamentais para as novas variedades de cereais adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas, de forma a tentar atenuar as alterações climáticas, assegurando a sua produção, reduzindo os fatores de produção e as emissões de gases com efeito de estufa associadas estas e às operações agrícolas.

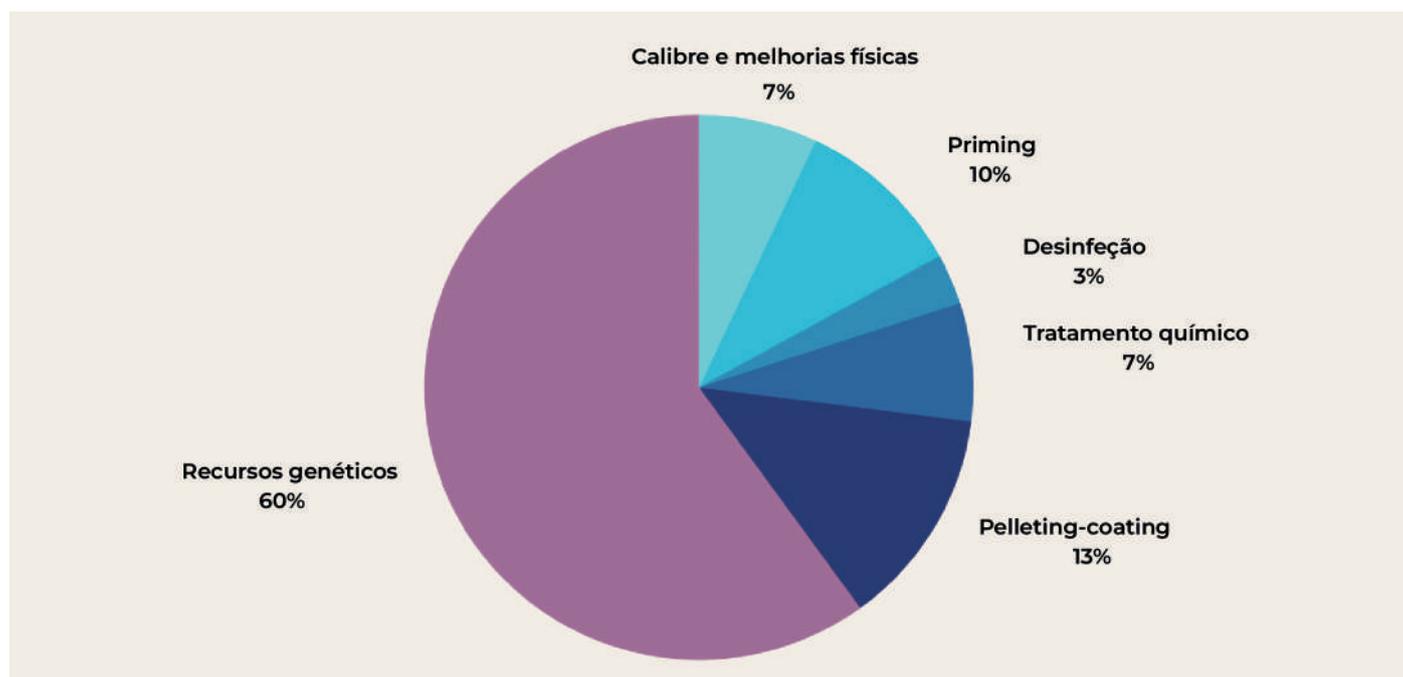


Figura 8. Sementes certificadas (Fonte: Asociación Nacional de Obtentores Vegetales (ANOVE))



Utilização de sistemas auxiliares de guiamento

A definição oficial de Agricultura de Precisão (AP), dada pela Sociedade Internacional de Agricultura de Precisão, é uma estratégia de gestão que reúne, processa e analisa dados temporais, individuais e espaciais e os combina com outras informações para apoiar as decisões de gestão de acordo com a variabilidade estimada para melhorar a eficiência no uso de recursos, a produtividade, a qualidade, a rentabilidade e a sustentabilidade da produção agrícola.

É entendida como o resultado da Agricultura Inteligente, uma noção geral para a adoção de novas tecnologias da informação e da comunicação (TIC) e outras inovações de ponta no setor agroalimentar para aumentar a eficiência na utilização de máquinas agrícolas e a otimização dos fatores de produção e dos recursos naturais.

Graças à criação de sinergias entre as tecnologias digitais, a Internet das Coisas, Big Data, a inteligência artificial, a robótica, etc., a fim de analisar com precisão os dados recolhidos no terreno através de sensores e imagens de satélite e poder utilizá-los para otimizar o manejo das parcelas com máquinas dotadas de sensores.

Estas sinergias tecnológicas apoiaram e permitiram que a AP desempenhasse um papel fundamental nos sistemas de controlo de posicionamento de máquinas agrícolas por GPS.

Permite a identificação precisa e em tempo real da posição das máquinas agrícolas.

Assim, estão disponíveis no mercado sistemas de guiamento automático e de controlo para aplicações do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) para oti-

mizar as operações agrícolas em culturas anuais.

Surgem assim os chamados tratores inteligentes, que estão equipados com recetores GNSS, monitores, PC, sensores, etc., para mostrar e recolher informações ao mesmo tempo.

Parâmetros, informações e dados que precisamos de analisar e avaliar mais tarde no escritório como, por exemplo, as coordenadas georreferenciadas de uma máquina a realizar uma fertilização de fundo para cereais, mostrando a velocidade de trabalho e/ou a quantidade de produto aplicado, por exemplo.

Estes sistemas dispõem de informações prévias, pelo que conhecem as máquinas agrícolas a utilizar numa determinada operação agrícola.

Isto permite a comunicação em tempo real entre as máquinas, utilizando software previamente instalado nas máquinas e onde a ligação é feita por cabo, mas em muitos dos casos atuais esta ligação já é feita sem fios.

Esta ligação sem fios é designada ISOBUS (ISO 11783), um protocolo de comunicação em série para máquinas agrícolas e florestais baseado no protocolo SAE J1939, que também inclui o protocolo CAN-Bus.

Para a implementação, são atualmente utilizados sistemas de guiamento automático, havendo duas topologias:

 Sistemas móveis que podem ser instalados numa variedade de equipamentos e que estão diretamente ligados ao volante (figura 9).



Figura 9. Sistema móvel diretamente ligado ao volante (Fonte: Trimble)

 Sistemas fixos que atuam diretamente sobre o sistema de direção do trator, geralmente sobre o sistema hidráulico da direção.

Ambas são válidas para operações agrícolas em culturas anuais em que a orografia não é frequentemente um problema e a precisão de trabalho é negligenciável, mas a ligação GPS é um problema.

Por conseguinte, ao implementar esta Boa Prática Agrícola, a ligação à rede móvel ou por satélite deve ser tida em conta para poder gerir estes sistemas.

As vantagens da sua aplicação são múltiplas, por exemplo:

 Eficiência na utilização dos fatores de produção. Redução das emissões de gases com efeito de estufa.

 Redução da compactação do solo, graças ao controlo do tráfego das máquinas.

 Poupança de energia e de tempo, uma vez que não há sobreposições nas diferentes operações agrícolas, como

a sementeira ou a aplicação de um produto fitofarmacêutico.

A poupança de energia e de tempo graças à utilização de sistemas de guiamento deve-se a uma redução da sobreposição numa operação agrícola, que pode atingir 30% nas culturas anuais.

Esta redução da sobreposição significa uma redução do consumo de combustível, como se pode ver nas Tabelas 1 e 2, que mostram as operações agrícolas realizadas numa cultura anual, com recurso a Agricultura de Precisão e a Lavoura Convencional, respetivamente.

A otimização dos fatores de produção e das operações agrícolas através da Agricultura de Precisão, recorrendo a sistemas auxiliares de guiamento, está a revelar-se eficaz na luta contra as alterações climáticas e está subjacente aos outros benefícios económicos e ambientais da sua aplicação.

Esta redução da sobreposição significa uma redução do consumo de combustível, como se pode ver nas Tabelas 1 e 2, que mostram as operações agrícolas realizadas numa cultura anual, com recurso a Agricultura de Precisão e a Lavoura Convencional, respetivamente.

A otimização dos fatores de produção e das operações agrícolas através da Agricultura de Precisão, recorrendo a sistemas auxiliares de guiamento, está a revelar-se eficaz na luta contra as alterações climáticas e está subjacente aos outros benefícios económicos e ambientais da sua aplicação.

TABELA 1. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL E SOBREPOSIÇÕES DE OPERAÇÕES AGRÍCOLAS EM CULTURAS ANUAIS COM IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS AUXILIARES DE GUIAMENTO

OPERAÇÃO AGRÍCOLA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL (l/ha)		SOBREPOSIÇÃO
Semeador	7,7 ± 1,0	→	5,5 ± 5,9
Barra de tratamentos	1,1 ± 0,3	→	7,4 ± 7,2
Distribuidor de adubo	0,9 ± 0,4	→	5,5 ± 3,6
Ceifeira-debulhadora	11,4 ± 0,9	→	-

TABELA 2. CONSUMO DE COMBUSTÍVEL E SOBREPOSIÇÕES DE OPERAÇÕES AGRÍCOLAS EM CULTURAS ANUAIS COM LAVOURA CONVENCIONAL

OPERAZIONE AGRICOLA	CONSUMO DI CARBURANTE (l/ha)		SOVRAPPOSIZIONE
Semeador	6,0 ± 1,6	→	8,4 ± 7,0
Barra de tratamentos	1,1 ± 0,4	→	12,7 ± 9,7
Distribuidor de adubo	0,9 ± 0,5	→	14,7 ± 9,7
Ceifeira-debulhadora	10,0 ± 0,7	→	-



Colheita com monitor de rendimento

O conhecimento da variabilidade da produção de uma cultura numa determinada parcela permite obter conhecimentos precisos da produção total ou por superfície no momento da colheita.

O conhecimento destes resultados apresenta igualmente um aspeto positivo para os anos agrícolas futuros, no momento de tomar decisões de gestão da mesma ou de outra cultura.

Alguns dos principais objetivos do conhecimento da variabilidade espacial da colheita podem ser:

-  Identificar áreas de rendimento baixo, a fim de tomar medidas para melhorar o rendimento nessas áreas específicas.

-  Aumentar a eficiência da colheita, ajustando as técnicas de colheita para aproveitar ao máximo as áreas de rendimento alto e reduzir as perdas nas áreas de baixo rendimento.

-  Identificar problemas de doenças ou pragas.

-  Melhorar o manejo do solo, identificando áreas onde o solo é mais fértil ou tem melhor estrutura, por exemplo.

-  Identificar áreas para experimentar variedades, identificando áreas onde certas variedades de culturas têm melhor rendimento, permitindo experimentar novas variedades nessas áreas.

Atualmente, a tecnologia permite criar mapas de colheita com a ajuda de ceifeiras-debulhadoras equipadas com monitores de rendimento.

Os monitores de rendimento das ceifeiras-debulhadoras são sistemas utilizados na agricultura para medir e registar informações sobre a produção das culturas.

Estes monitores conseguem medir diferentes parâmetros, tais como a quantidade de grãos colhidos, a velocidade de colheita, o rendimento por hectare, entre outros.

O sistema de monitorização do rendimento foi concebido para medir instantaneamente a quantidade de produto colhido, bem como para conhecer as coordenadas geográficas onde se encontram e armazenar esta informação ponto a ponto da parcela para posteriormente gerar mapas de variabilidade da colheita.

Num processo posterior, através do processamento dos dados recolhidos através de um software de Sistema de Informação Geográfica (SIG), podem ser criados mapas cujas variações de cor indicam os diferentes rendimentos obtidos e a superfície associada (Figura 10).

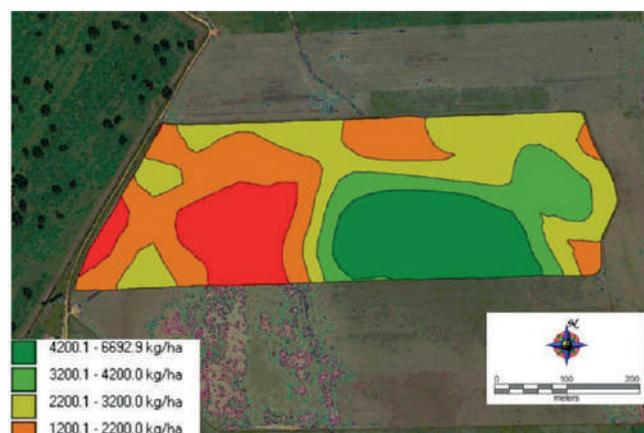


Figura 10. Mapa do rendimento gerado na colheita do trigo (Fonte: Severiano Real Moreno)

O princípio de funcionamento destes instrumentos varia consoante o modelo utilizado, embora, regra geral, possuam um sistema que mede o grão que passa num dado momento, sendo os métodos de cálculo efetuados por pesagem através de fotossensores ou por determinação do volume a fluir.

Para tal, as ceifeiras-debulhadoras com monitores de rendimento estão equipadas com vários elementos e sensores para captar esta informação. Entre estes sensores contam-se:

-  Sensores de fluxo ou de pesagem, que determinam a quantidade de grão que flui através de um ponto específico da ceifeira-debulhadora.

-  Sensores de velocidade da ceifeira-debulhadora.

-  Sensores de humidade do grão.

-  Sensor GNSS, para determinar o geoposicionamento das máquinas, por exemplo, por GPS.

Além disso, todos os sistemas de monitorização do rendimento produtivo dispõem de uma consola na cabina que mostra os diferentes parâmetros obtidos a partir de cada um dos sensores instalado: rendimento instantâneo, rendimento médio, humidade, superfície trabalhada, etc. (Figura 11).

A aquisição de dados gera uma grande quantidade de informação relacionada com pontos ou áreas específicas da exploração agrícola. Todo este conhecimento contém informações valiosas para a tomada de decisões em futuros anos agrícolas.

No entanto, para tratar a quantidade de dados recolhida e conferir-lhe uma com-



Figura 11. Ecrã do monitor de desempenho Ceres 8000i
(Fonte: RDS Technology)

ponente espacial, é necessário recorrer a programas informáticos, dado que o grande volume de dados torna impossível o tratamento manual dos dados.

No mercado existem vários programas direcionados para o tratamento de dados agrícolas georreferenciados, conhecidos como «Sistemas de Informação Geográfica Agrícola» (AgGIS), mas também existem softwares SIG de utilização livre, como o QSIG, embora estes não sejam normalmente específicos para a agricultura.

Em termos gerais, um SIG é um conjunto de ferramentas informáticas que utilizam o geoposicionamento dos parâmetros estudados para analisar espacialmente e apresentar a informação.

Para o efeito, um SIG deve permitir a recolha, o armazenamento, a análise e a visualização de informações que, no domínio da agricultura, estariam relacionadas com o solo, o clima, as culturas ou as colheitas, entre outros.

Estes programas permitem um estudo geoestatístico de toda a informação armazenada, cruzando os dados de forma a conhecer as origens da variabilidade espacial dos rendimentos das culturas.

Entre as principais potencialidades para o uso dos programas SIG na agricultura estão:

🌿 Análise espacial do solo, das culturas ou do clima para identificar padrões ou tendências e zonas problemáticas.

🌿 Criação de mapas temáticos que mostram a variabilidade dos dados recolhidos de uma forma visual mais fácil de compreender do que as tabelas de dados.

🌿 Integração de vários tipos de dados (solo, índices de vegetação, clima, cultura, colheita...) que permitem tomar decisões mais objetivas porque fornecem informações precisas.

🌿 Monitorização periódica do solo e da cultura, permitindo tomar decisões rápidas em caso de problemas ou de situações imprevistas.

Em geral, em solos muito homogêneos do ponto de vista textural, a variabilidade espacial dos rendimentos será influenciada pelas características topográficas das parcelas ou por variações na distribuição dos nutrientes do solo. No entanto, em parcelas muito heterogêneas com diferenças texturais significativas, estas características irão dominar a variação espacial do rendimento, pois conduzirão a alterações na compactação do solo, na humidade do solo e no teor de nutrientes.

Os resultados dos estudos estatísticos realizados com software SIG, a partir das variações espaciais dos vários indicadores amostrados, são geralmente apresentados sob a forma de mapas de prescrição, que indicam ao agricultor as zonas onde deve efetuar tratamentos ou manejos das culturas de forma diferenciada, ou seja, aplicar mais ou menos fertilizantes ou sementes,

realizar ou não tratamentos fitossanitários, trabalhos pontuais em zonas localizadas, etc. (Figura 12).

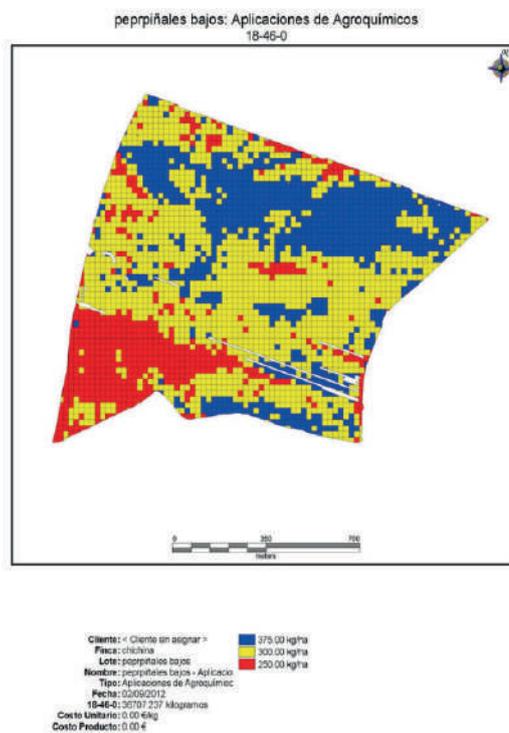


Figura 12. Mapa de prescrição de adubação variável (Fonte: projeto Innovatrigio)

Estão a ser desenvolvidas várias tecnologias para ajudar a corrigir e a validar estes mapas de prescrição sobre o estado da cultura, quer no terreno, em tempo real, enquanto está a decorrer a operação de fertilização, quer antes da operação, através da análise dos dados de desempenho da cultura.

A ciência que permite a utilização deste tipo de tecnologia é chamada de deteção remota. A sua utilização no setor agrícola deve ter em conta vários aspetos relacionados com a captação de dados, tais como os dispositivos de captação de dados (plataforma e sensor), as resoluções utilizadas na captação de dados (espacial, temporal, espectral e radiométrica) e os procedimentos de análise dos dados captados.

A geração de dados em conjunto com o seu correto tratamento traduz-se na criação de informação adicional para o agricultor, aju-

dando a tomar decisões mais concisas a curto prazo.

Com reduções significativas dos níveis de emissão de gases com efeito de estufa e do tempo nas operações agrícolas em culturas anuais.

Devido à possibilidade de dosagem variável de produtos fitofarmacêuticos, sementes e fertilizantes.





6

Distribuição variável de fertilizantes

O espalhamento variável de fertilizantes é um método que consiste em aplicar diferentes doses de fertilizante, de acordo com mapas prescritivos, na superfície de cultivo. Com o objetivo de criar uma utilização eficiente da aplicação de fertilizantes e garantir a sustentabilidade e a segurança do ambiente.

O manejo das culturas ao longo do ciclo e antes da sementeira exige uma série de decisões que podem ser apoiadas pelas novas tecnologias e inovações que estão a ser implementadas no âmbito da Agricultura de Precisão. Como veremos mais adiante, isto permite obter uma série de vantagens ambientais e económicas que antes eram impossíveis de alcançar com decisões empíricas.

Este processo tem em conta uma série de estudos prévios às operações agrícolas a realizar numa exploração cerealífera, com base na variabilidade espacial e temporal de diferentes fatores, como a produção, o solo, a qualidade do grão colhido, etc.

Asua análise e avaliação viabiliza a tomada de decisões acertadas e adaptadas a diferentes zonas homogéneas caracterizadas de uma mesma exploração agrícola.

Os mapas de zonagem do solo são fundamentais porque são a base sobre a qual a cultura é implantada e um dos parâmetros mais influentes na produção, juntamente com a climatologia.

Desta forma, a tecnologia permite também passar de uma amostragem tradicional do solo, como a amostragem manual com trados ou veículos motorizados específicos, como os quadriciclos automatizados (Figura 13), para uma metodologia em que o



Figura 13. Quadriciclo preparado para amostragem do solo (Fonte: projeto Innovatrigo)

conhecimento objetivo da variabilidade dos parâmetros edáficos é a prioridade, selecionando os pontos de amostragem de forma direcionada para áreas homogéneas e características edáficas, permitindo também otimizar e reduzir o número de amostras e, ao mesmo tempo, aumentar a representatividade.

Assim, é interessante não só conhecer as propriedades físicas do solo onde vai ser implantada a cultura (compactação, textura, distribuição da humidade, condutividade elétrica, etc.) devido à sua capacidade como fator limitante da colheita, mas também é conveniente estudar as propriedades químicas (matéria orgânica, azoto, fósforo, etc.) como fator importante na prescrição, por exemplo, de doses de fertilizantes.

Além disso, nos últimos anos, a saúde do solo baseada na caracterização dos microrganismos presentes no solo, tanto benéficos como patogénicos, é uma das propriedades que podem ser estudadas através destes «mapeamentos do solo», permitindo uma utilização eficiente de bioestimulantes, biofertilizantes e produtos fitofarmacêuticos.

Atualmente, nas culturas cerealíferas, estes mapas são preferencialmente utilizados para adubações variáveis em função da produção obtida (Figura 14) e das diferentes características físico-químicas do solo, climatologia da zona, etc., mas isso não significa conhecer com certeza a resposta da cultura a essa aplicação de fertilizante, pelo que é necessário acompanhar a evolução da cultura ao longo do seu ciclo e usar como apoio imagens de satélite onde se podem monitorizar indicadores como o estado vegetativo da planta ou a humidade do solo no espaço e tempo específicos da exploração, por exemplo.

A variabilidade da dosagem dos fertilizantes exige máquinas específicas para as operações de adubação, tendo em conta o formato do fertilizante.

No caso do fertilizante líquido, utilizamos um caudalímetro que mede instantaneamente a quantidade de líquido que passa pela bomba e varia essa quantidade de acordo com os mapas prescritivos, embora também possam ser criados a partir de sensores multiespectrais ou hiperespectrais. No caso do adubo sólido, seja ele granulado, microgranulado ou em pó, é necessário implementar um maior número de atuadores, conhecendo-se o caudal mássico que passa pelo distribuidor de adubo em função da superfície de abertura do distribuidor (Figura 15).

O distribuidor de adubo está equipado com um atuador, geralmente elétrico, que abre ou fecha os taipais de queda em função da dose. Os novos distribuidores de adubo comercializados para as culturas cerealíferas dispõem de um sistema de pesagem controlado e preciso, constituído por células de pesagem que transmitem online as diferentes características do adubo com uma elevada precisão de dosagem (Figura 16).

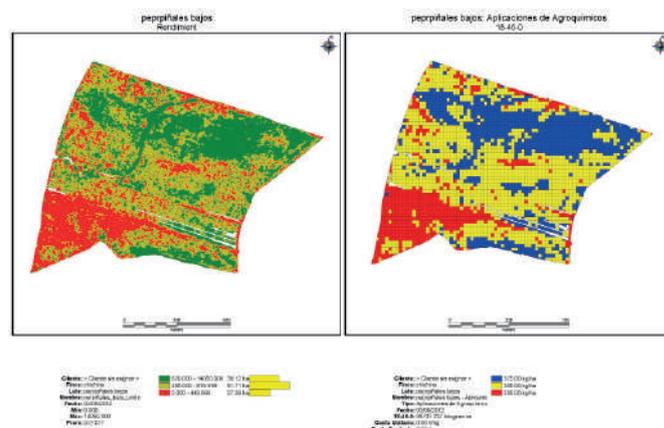


Figura 14. Mapa de prescrição e adubação variável em função da produção da parcela (Fonte: projeto Innovatrigo).

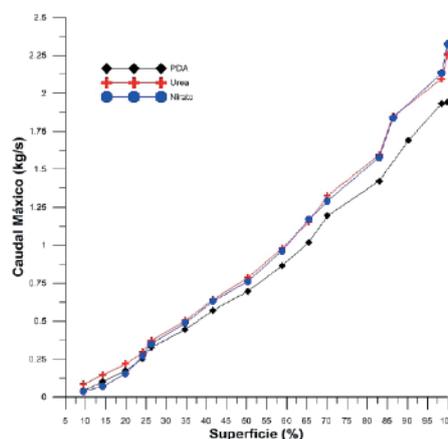


Figura 15. Caudal mássico em função da superfície de abertura dos três principais adubos utilizados na cultura de cereais: fosfato diamnico «PDA», ureia e nitrato de amnio «Nitro» (Fonte: projeto Innovatrigo).



Figura 16. Distribuidor centrífugo de fertilizantes sólidos (Fonte: Amazone)

O sistema compara automaticamente a dose efetivamente aplicada com a quantidade nominal. O mecanismo de dispersão pode ser mecânico ou hidráulico.

Vantagens da aplicação variável de fertilizantes nas culturas anuais:

- Redução das quantidades, poupança de fertilizantes até 20-30%.
- Redução do consumo de energia nas operações de aplicação de fertilizantes.
- Produção homogênea. Aumento da produtividade.
- Equilíbrio nutricional da exploração agrícola.

No entanto, esta diminuição dependerá de vários fatores, incluindo o tipo de cultura. No caso dos cereais, o maior gasto energético verifica-se na aplicação do fertilizante, razão pela qual a aplicação variável de adubo é de particular interesse.

Implementar a utilização de sistemas de guiamento que otimizem a aplicação variável de fertilizantes, tanto por razões de poupança de energia como por razões ambientais, devido ao elevado potencial poluente dos fertilizantes.

Além disso, as reduções de energia obtidas através da aplicação variável de fertilizantes dependerão de vários fatores, como a heterogeneidade da exploração agrícola. Assim, em explorações heterogêneas com grandes variações de rendimento associadas ao tipo de solo, podem ser obtidas poupanças de fertilizantes de até 20-30%.

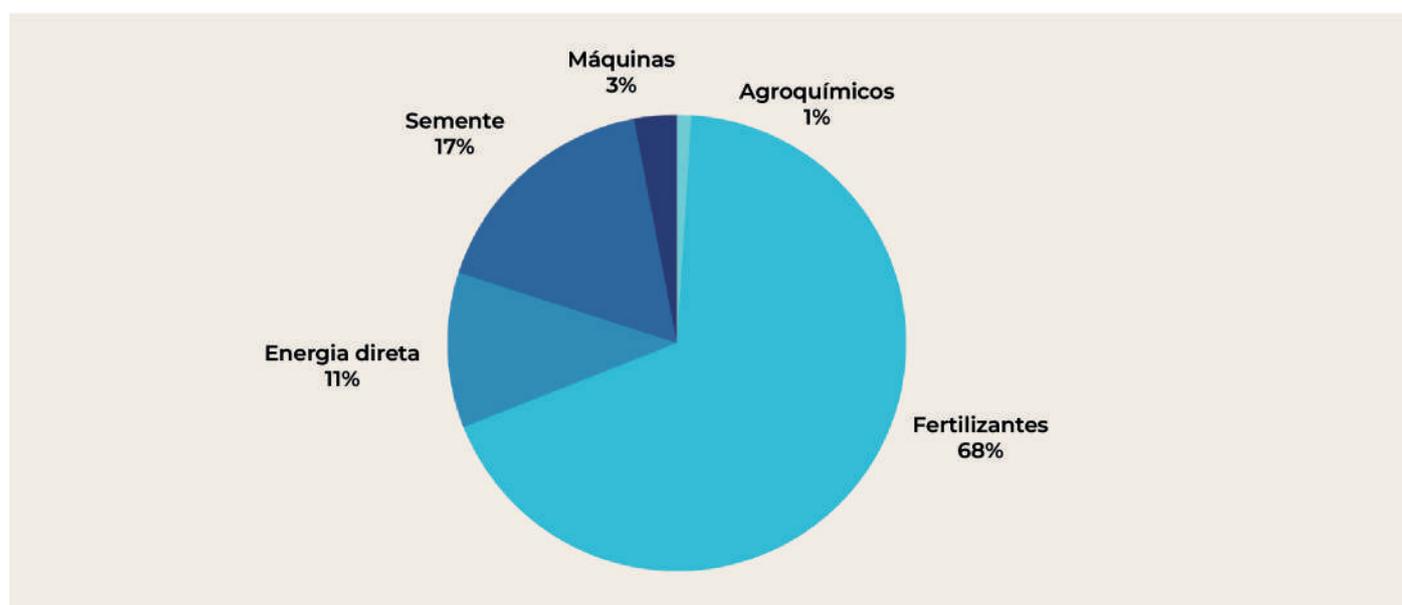


Figura 17. Consumo médio de energia nas culturas cerealíferas (Fonte: projeto Innovatrigio)



Otimização da utilização de produtos fitofarmacêuticos

Na agricultura é muito comum utilizar produtos fitofarmacêuticos para aumentar as produções de cereais e assegurar à população mundial em crescimento alimentos à base de cereais em quantidade suficiente, de alta qualidade e a preços acessíveis do ponto de vista económico e ambiental.

A maior parte destes produtos fitofarmacêuticos são produzidos sinteticamente e, como quase todos os produtos químicos, representam um risco potencial para a saúde humana e para o ambiente. A sua utilização é necessária na maioria dos sistemas agrícolas atualmente geridos em toda a Europa.

Estão continuamente a ser introduzidas novas formulações de produtos fitofarmacêuticos com propriedades melhoradas, especialmente para uso seletivo e para ter menos impactos negativos na água, no solo e no ar, sendo mais eficazes e garantindo a qualidade dos produtos colhidos. Isto tem um impacto positivo nos controlos sanitários a que os géneros alimentícios são submetidos para não afetarem a saúde humana.

A forma habitual de aplicação de produtos fitofarmacêuticos é por pulverização, sendo que a maioria deles corre o risco de ser arrastado pelo vento, pelo escoamento da água e pela erosão, havendo até 95% de probabilidade de não atingir o seu alvo quando se aplicam produtos fitofarmacêuticos para controlar pragas, doenças ou ervas daninhas (The Environmental Impact of Pesticides, 2022). Embora muitas das substâncias ativas destes produtos fitofarmacêuticos se possam degradar naturalmente no solo, há muitas outras que não se degradam facilmente e permanecem no

ambiente durante longos períodos de tempo (Youssef, 2019).

Foram detetados vestígios de substâncias ativas nas águas superficiais e nos aquíferos em resultado da irrigação e da precipitação, que facilitam o seu transporte para os cursos de água, especialmente no caso das substâncias ativas solúveis (Sharma et al., 2019).

As doses dos produtos fitofarmacêuticos utilizados nas culturas cerealíferas são por vezes elevadas. Estas quantidades ou concentrações elevadas de substância ativa podem levar à contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

O excesso de substância ativa permanece inicialmente nas partículas do solo, mas acaba por ser arrastado durante a irrigação ou a precipitação e chega aos cursos de água. Esta situação causa problemas ambientais, principalmente devido à elevada toxicidade para a microfauna do solo e a fauna auxiliar, mas também problemas sociais e económicos, uma vez que a produtividade agrícola é reduzida.

A otimização da aplicação é tão importante como a formulação química. Neste sentido, o método de aplicação e o equipamento de pulverização utilizado devem ser cuidadosamente verificados. A não manutenção do equipamento em boas condições impede uma distribuição ótima do produto e, reduzindo a eficiência da utilização de produtos fitofarmacêuticos.

Considerando em cada caso que a aplicação pode ser foliar ou direta no solo.

Neste caso, no caso das culturas anuais, a aplicação de produtos fitofarmacêuticos

através da água de irrigação não será tida em conta.

Existem várias formas de otimizar os produtos fitofarmacêuticos numa exploração agrícola, que estão em grande medida relacionadas com o sistema de cultivo e as técnicas de manejo do solo, como a Agricultura de Conservação (AC).

No que diz respeito ao controlo das ervas daninhas, algumas práticas agrícolas devem ser tidas em conta para tornar possível a gestão preventiva das mesmas, sendo que algumas já são consideradas nos pilares da Agricultura de Conservação, onde a única forma de as eliminar é através da aplicação de herbicidas.

Para utilizar corretamente os produtos fitofarmacêuticos, o produto deve ser utilizado de forma eficiente, seguindo o rótulo do fabricante e aplicando a dose correta. Devem ser utilizadas as máquinas corretas e devidamente reguladas.

Além disso, é necessário conhecer os fatores que influenciam a deriva da pulverização dos produtos fitofarmacêuticos e que medidas de mitigação devem ser utilizadas para a reduzir.

Adoção de medidas diretas e indiretas. As medidas diretas centram-se na redução da deriva do produto. No que toca às medidas indiretas, devem ser tidas em conta as zonas protegidas, como as faixas de vegetação natural ou as zonas vulneráveis à poluição por nitratos.

Além disso, é muito importante ter em conta as condições meteorológicas e ambientais para a aplicação destes produtos.

Medidas diretas a ter em conta, tais como recomendações aos agricultores e aos manipuladores de produtos fitofarmacêuticos:

🌱 Conhecer o Guia do Manejo Integrado das Pragas para os cereais.

🌱 Ter um calendário de operações para utilizar corretamente os tratamentos de pré-emergência e pós-emergência.

🌱 Dispor de uma análise setorial da exploração agrícola em função das características edáficas e dos mapas de colheita, de modo a conhecer a variabilidade produtiva.

🌱 Evitar a utilização nas proximidades de cursos de água, ribeiros, lagoas, poços, rios, etc.

🌱 Calibração e manutenção do equipamento de aplicação para garantir uma distribuição otimizada do produto na cultura ou no solo.

🌱 Ter em conta as necessidades nutricionais da cultura em cada ciclo.

🌱 Utilizar novas ferramentas tecnológicas e inovações agrícolas, como a utilização de pulverizadores controlados por GPS e por sensores, ou o pulverizador de barra para o controlo seletivo de ervas daninhas. Graças à Agricultura de Precisão e à afinação do sistema de dosagem variável.

🌱 Prestar atenção aos bicos de pulverização. Devem funcionar corretamente e ser adequados à operação agrícola e ao produto aplicado. Recomenda-se a utilização de bicos antideriva (Figura 18).



Figura 18 (em cima/em baixo). Comparação entre a utilização de bicos normais e de bicos antideriva (Fonte: projeto Topps-Prowadis)



❖ Não aplicar qualquer produto fitofarmacêutico ou fertilizante antes de chuvas fortes.

❖ O equipamento de aplicação de produtos fitofarmacêuticos deve ser inspecionado regularmente, em conformidade com o Real Decreto espanhol 1702/2011, de 18 de novembro.

❖ Ter em conta o Real Decreto 1050/2022, de 27 de dezembro, que estabelece o quadro de ação para conseguir uma utilização sustentável dos produtos fitofarmacêuticos.

As recomendações acima referidas e as técnicas utilizadas para otimizar a aplicação de produtos fitofarmacêuticos têm benefícios ambientais, sociais e económicos:

❖ Redução dos fatores de produção e dos tempos de aplicação, conduzindo a menores custos e consumo de energia no fabrico de fatores de produção e nas operações agrícolas.

❖ Conservação da biodiversidade.

❖ Aumento da produção através de dosagem variável.

❖ Aumento da produtividade.

❖ Prevenção da poluição do solo, do ar e da água.

❖ Redução das emissões de gases com efeito de estufa provenientes dos fatores de produção e das operações agrícolas.

A utilização de produtos fitofarmacêuticos é crucial na agricultura moderna e digital dos nossos dias para garantir a segurança alimentar. Sem uma utilização e uma gestão adequadas dos mesmos, registar-se-ia uma perda substancial de produtos agrícolas.

Bibliografia

Sharma, A.; Kumar, V.; Shahzad, B.; Tanveer, M.; Sidhu, G.P.S.; Handa, N.; Kohli, S.K.; Yadav, P.; Bali, A.S.; Parihar, R.D. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Appl. Sci.* 2019, 10, 1446. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>

The Environmental Impact of Pesticides. Available online: <https://www.worldatlas.com/articles/what-is-the-environmental-impact-of-pesticides.html> (accessed on 30 January 2022).

Youssef, G.; Younes, R.A.-O. Photocatalytic degradation of atrazine by heteropolyoxotungstates. *J. Taibah Univ. Sci.* 2019, 13, 274–279. <https://doi.org/10.1080/16583655.2018.1563368>



Fertilização de fundo incorporada na linha de sementeira

Tecnicamente, consiste em colocar o fertilizante na mesma linha de sementeira, no momento em que a semente é depositada. O adubo de fundo é um fertilizante composto principalmente por azoto, fósforo e potássio e, nalguns casos, por outros micronutrientes, cuja formulação varia em função das condições edafoclimáticas da zona e das necessidades da cultura no momento da aplicação (Figura 19).

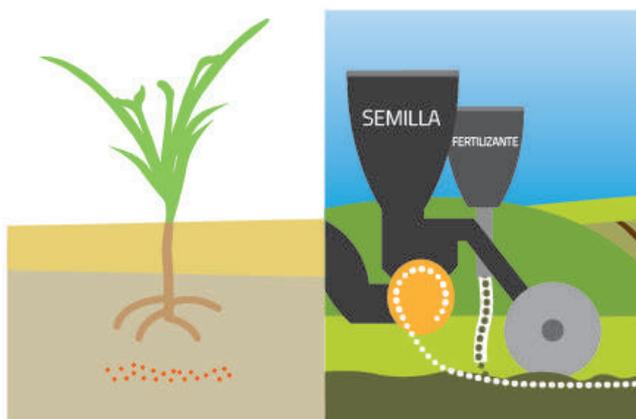


Figura 19. Disposição do fertilizante incorporado na linha de sementeira (Fonte: Antonio Tarazona S.L.U)

Ter em conta a forma e o período de libertação dos minerais, a formulação e a geometria do fertilizante. Nas culturas anuais de inverno, os principais componentes dos adubos de fundo são normalmente o azoto e o fósforo, sendo este último responsável pela formação de ATP, a molécula transportadora de energia primária, com a função de atuar nos estádios iniciais do cereal, na fase de germinação e emergência das sementes, estádios em que as necessidades energéticas são maiores (Figura 20).

É necessário dispor de máquinas específicas, um semeador de linha e de adubação e por depósitos de sementes e de fertilizantes separados.



Figura 20. Mobilidade dos principais macronutrientes no solo (Fonte: Antonio Tarazona S.L.U).

Isto implica um maior peso, o que torna aconselhável que o trator possua pneus de alta flutuação e também que esteja equipado com dispositivos de georreferenciação e monitorização de mapas prescritivos para dosagem variável de fertilizantes e sementeira sem sobreposição. Isto homogeneiza o nível de produção da exploração agrícola e evita problemas de toxicidade mineral e de compactação do solo.

O fertilizante é aplicado junto à semente, na mesma linha de sementeira, de forma precisa, ligeiramente separado para não produzir fitotoxicidade, mas com os nutrientes disponíveis para a planta os assimilar de forma mais eficiente (Figura 21).

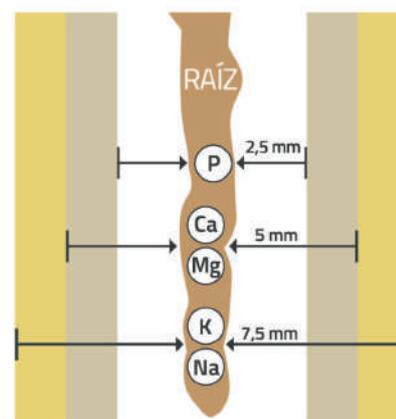


Figura 21. Distância máxima de assimilação de nutrientes não móveis no solo (Fonte: Antonio Tarazona S.L.U)

Estes podem apresentar-se como fertilizantes convencionais ou microgranulados, sendo estes últimos os que mais se têm destacado nos planos de adubação de fundo na linha de sementeira nos últimos anos, devido à sua eficiência, solubilidade e respeito pelo ambiente.

Vantagens da aplicação de fertilizantes na linha de sementeira:

- Planos de adubação ajustados às necessidades da cultura, otimizando os custos dos fatores de produção.

- Evita a contaminação das águas superficiais e dos aquíferos graças à homogeneização da aplicação da adubação de fundo.

- Evita problemas de lixiviação de azoto e de bloqueio do fósforo.

- Maior percentagem de emergência de plantas de cereais devido a nutrientes mais localizados e disponíveis nos momentos necessários.

- Melhoramento do sistema radicular das plantas e, logo, uma melhor assimilação dos nutrientes e da água.

- Doses mais baixas de fertilizantes significam menos emissões de gases com efeito de estufa e maior rentabilidade económica.

A aplicação de produtos microgranulados traduz-se em melhorias do ponto de vista ambiental, pois ao reduzir a dose de fertilizante a aplicar, as emissões de CO₂ equivalente são consideravelmente reduzidas.

Como indicado na Tabela 3, a utilização de fertilizantes microcomplexos, Umostart perfect ou Microone, reduz as emissões comparativamente aos fertilizantes convencionais, DAP, Triple 15 ou MAP, em cerca de três vezes para doses de aplicação muito baixas, 100 kg/ha, quando incorporadas na linha de sementeira. Em doses utilizadas a lanço de 200 kg/ha, esta redução é de até sete vezes menos emissões.

TABELA 3. EMISSÕES DE CO₂ EQUIVALENTE (KG/HA) DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBAÇÃO E DOSES DE APLICAÇÃO (FONTE: PROJETO INNOVATRIGO)

PRODUTO	DOSE DE APLICAÇÃO			
	40 kg/ha	100 kg/ha	100 kg/ha	100 kg/ha
DAP (18-46-0)	-	156	234	312
TRIPLO 15 (15-15-15)	-	117	175	233
MAP (11-54-0)	-	124	225	248
Umostart perfect (11-49-0)	45	-	-	-
MICROONE (10-40-5)	43	-	-	-



Aplicação de fertilizantes com libertação controlada no solo

O ajuste da fertilização nas culturas anuais é um dos aspetos agronómicos e técnicos que devem merecer particular atenção, tendo em conta as condições climáticas da zona, as características do solo, as operações agrícolas anteriores e as máquinas disponíveis para a aplicação de fertilizantes.

A aplicação de azoto, como principal nutriente das plantas, nos solos agrícolas aumenta a produtividade e a biomassa das plantas a curto prazo; no entanto, este nutriente em excesso pode gerar impactos negativos no ambiente, tais como a contaminação das águas superficiais e dos aquíferos, o elevado consumo de energia e as emissões de gases com efeito de estufa, etc.

O azoto é o elemento que mais diretamente influencia a produção vegetal e o teor proteico das culturas cerealíferas. Depois da água, este elemento é o fator limitante de crescimento mais importante para as plantas e, por conseguinte, para a produção agrícola.



Figura 22. Distribuição de fertilizantes por distribuidor de adubo centrífugo (Fonte: Projeto Innovatrigo)

O azoto, juntamente com outros nutrientes, macro e micronutrientes, é aplicado na adubação de fundo, antes ou incorporado na linha de sementeira, e nas adubações de cobertura, dependendo do número de aplicações em função do estado da cultura ao longo do seu ciclo (Figura 22).

A determinação do rendimento implica conhecer a dose e a fonte do fertilizante aplicado, o momento e o método de aplicação, os custos por unidade de azoto

No caso dos fertilizantes azotados, estes variam na concentração de azoto e na forma como são adicionados ao solo.

O fertilizante azotado mais utilizado para as culturas anuais é a ureia, devido à sua facilidade de fabrico e ao seu elevado teor de azoto, mas a desvantagem é que o azoto solúvel no solo não é absorvido pelas plantas sob a forma de ureia, reduzindo assim a eficiência do fertilizante. Para que o azoto seja assimilado pela planta, tem de passar por um processo de transformação, primeiro em amónio (NH^+) e depois em nitrato (NO^-), o que implica perdas significativas de azoto por lixiviação e volatilização.

A forma de evitar a perda de nutrientes no solo e a sua indisponibilidade para a planta é utilizar fertilizantes com sistemas de libertação controlada no solo.

Compostos por certas substâncias orgânicas que melhoram a forma como um fertilizante liberta os nutrientes, graças à aplicação de várias tecnologias que procuram libertar os nutrientes, especialmente o azoto, de acordo com as necessidades da planta.



Figura 23. Fertilizante com sistemas de libertação controlada no solo numa cultura de trigo (Fonte: Antonio M. Conde López)

A forma de obter estes sistemas de libertação controlada de nutrientes é através de compostos sintéticos, como a metil-ureia, os fertilizantes revestidos com película de plástico e os sistemas de inibição (Figura 23).

Um inibidor é um composto adicionado a um fertilizante azotado para reduzir as perdas quando aplicado à cultura, inibindo ou reduzindo a atividade numa das fases do ciclo do azoto no solo agrícola.

O prolongamento do período em que o azoto permanece no solo reduz as perdas por lixiviação e volatilização, permitindo uma libertação controlada e melhorando a eficiência da utilização do azoto, além de aumentar a absorção de nutrientes e água pela planta ao longo do seu ciclo.

Os inibidores são classificados em 2 tipos, que estão incluídos no Regulamento (UE) 2019/1009. A principal diferença entre cada um deles é o processo que inibem ou reduzem e a percentagem de redução.

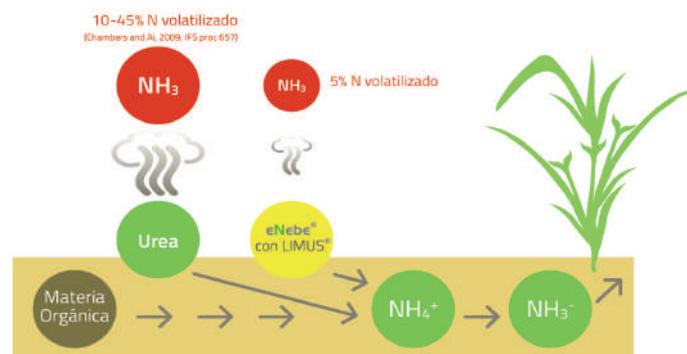


Figura 24. Inibidor da urease (Fonte: Antonio Tarazona S.L.U)

Os principais inibidores são:

🌿 **Inibidor da nitrificação.** A sua principal função é reduzir a taxa de nitrificação ou inibir a ação das bactérias nitrificantes responsáveis pela primeira fase da transformação do amónio em nitrato, reduzindo a lixiviação. O mais comum é o inibidor 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP).

🌿 **Inibidor da urease.** A sua principal função é reduzir as perdas por volatilização, diminuindo a atividade da hidrólise da ureia e libertando o amónio de forma mais gradual. O mais comum é o N-(n-butil) triamida tiofosfórica (NBPT). (Figura 24).

A aplicação de fertilizantes com inibidores como sistemas de libertação controlada no solo tem benefícios agrónómicos, ambientais e económicos, como se especifica a seguir:

- 🌿 Aumento da produtividade.
- 🌿 Aumento da eficiência da utilização do azoto.
- 🌿 Prevenção das perdas de azoto por volatilização e lixiviação.

🌱 Redução de 30% das Unidades Fertilizantes de Azoto (UFA).

🌱 Redução das emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera.

A sua utilização implica uma maior sustentabilidade e uma redução da pegada de carbono nas culturas anuais, propondo novas técnicas de cultivo com fertilizantes de libertação lenta no solo pelo seu maior poder de atenuação das alterações climáticas.





Utilização de produtos bioestimulantes misturados com produtos fitofarmacêuticos

Os produtos bioestimulantes fazem parte de um grupo de compostos que inclui adubos líquidos, micronutrientes, microalgas, etc., regulamentados pelo Regulamento (UE) 2019/1009 com o objetivo de melhorar a capacidade de assimilação dos fertilizantes sólidos aplicados às culturas cerealíferas, tanto na adubação de fundo como de cobertura, melhorando a absorção de macronutrientes e micronutrientes,

bem como a sua translocação na planta.

Os bioestimulantes são utilizados principalmente misturados com produtos fitofarmacêuticos e aplicados em diferentes estádios vegetativos da cultura.

Utilizam-se principalmente nos primeiros estágios vegetativos, onde as necessidades do cereal são maiores, aumentando o desenvolvimento vegetativo, enquanto a sua utilização em estágios como o encanamento ou o espigamento aumenta o teor de proteínas, resultando numa melhor qualidade do grão formado (Figura 25).

Os principais benefícios dos produtos bioestimulantes para as culturas cerealíferas e a sua utilização em combinação com os produtos fitofarmacêuticos podem ser resumidos da seguinte forma:

- Aumentam a atividade metabólica da planta, aumentando a sua atividade vegetativa.
- Aumentam a qualidade da produção, obtendo um maior rendimento.
- Maior peso específico do grão colhido.

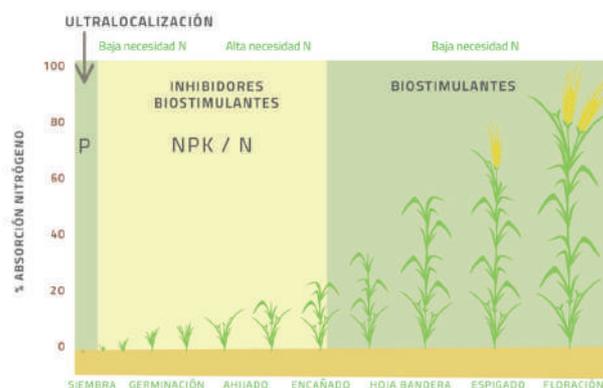


Figura 25. Momento de aplicação dos bioestimulantes (Fonte: Antonio Tarazona S.L.U)

- Otimização da eficiência de utilização dos produtos fitofarmacêuticos e dos fertilizantes.

- Redução das doses de fertilizantes e de produtos fitofarmacêuticos, que se traduz numa redução das emissões para a atmosfera e num menor consumo de energia.

- Prevenção de problemas de fitotoxicidade de alguns produtos fitofarmacêuticos, macronutrientes e micronutrientes.

- Efeito anti-stress, principalmente o stress abiótico.

Os bioestimulantes não fornecem nutrientes enquanto tais, mas estimulam os processos metabólicos da planta.

Se se destinarem apenas a aumentar a eficiência da utilização de nutrientes pelas plantas, a tolerância ao stress abiótico, a qualidade das culturas ou o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo ou na rizosfera, estes produtos serão, por natureza, mais semelhantes aos produtos fertilizantes do que a maior parte das categorias de produtos fitofarmacêuticos.

Os mais comuns no mercado atual para as culturas cerealíferas são os aminoácidos (Figura 26) e os extratos de algas marinhas, ambos disponíveis em várias formulações, dependendo da sua origem e método de transformação.

Estão disponíveis no mercado tanto na forma líquida como na forma sólida, o que facilita a sua aplicação na sementeira ou juntamente com a aplicação de produtos fitofarmacêuticos, como os herbicidas.

A utilização de bioestimulantes nas culturas anuais significa uma redução das emissões de carbono atmosférico por planta, atenuando as alterações climáticas através da otimização dos produtos fitofarmacêuticos aplicados ao longo do ciclo da cultura.

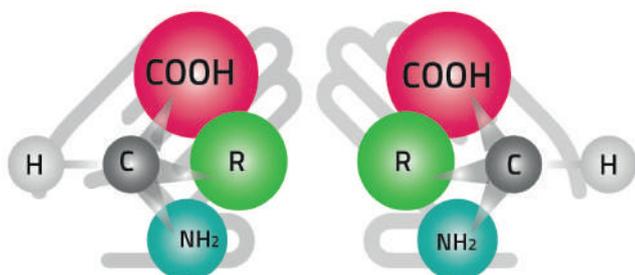
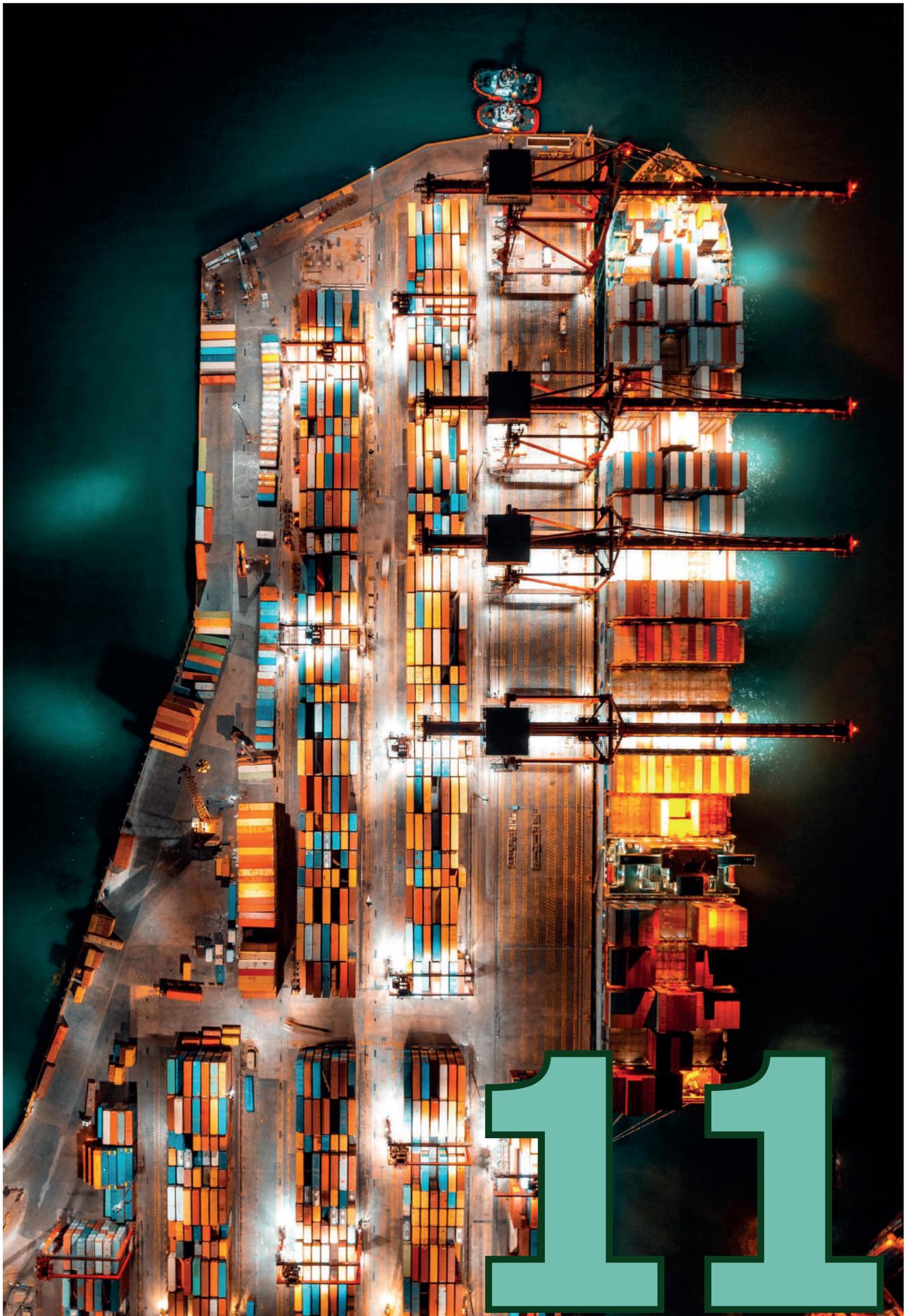


Figura 26. Estrutura L-aminoácidos à esquerda e D-aminoácidos à direita (Fonte: Antonio Tarazona S.L.U)





Utilização de cadeias de abastecimento de proximidade

O setor agroalimentar, e em particular o setor dos cereais, está centrado na produção, principalmente para uso humano, mas existe uma percentagem para uso animal, em que uma grande parte do total produzido é transformado na indústria.

Responde, assim, à elevada procura de alimentos por parte da sociedade, em tempo, quantidade e qualidade suficientes, sendo os cereais um dos principais géneros alimentícios da dieta diária.

As suas atividades de produção estão intrinsecamente ligadas a outras atividades comerciais e económicas agrícolas e não agrícolas, alargando assim os efeitos positivos e negativos que podem surgir a nível nacional e internacional na cadeia de abastecimento, transporte e distribuição.

A logística de abastecimento de todos os elos da cadeia agroalimentar, desde o cultivo do cereal, a sua transformação, a produção do produto final, o seu transporte e distribuição e a comercialização dos produtos primários e transformados, é de importância vital para a sustentabilidade económica, social e ambiental.

A indústria é abastecida pelo setor agrícola para transformar a matéria-prima, que neste caso são as culturas cerealíferas, em diferentes produtos que podem posteriormente ser consumidos pelo ser humano ou animais.

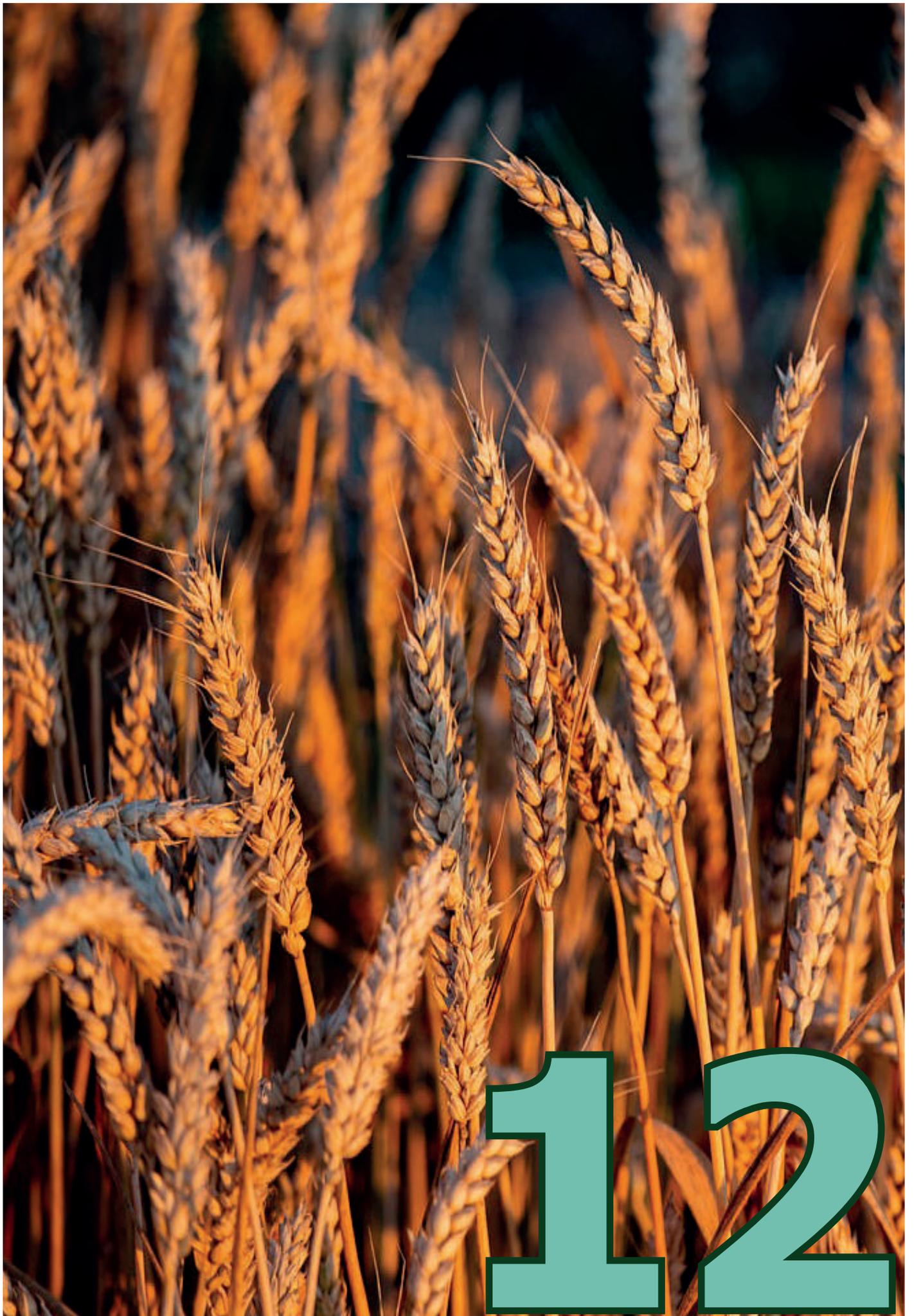
O objetivo é otimizar os tempos da cadeia, mantendo a qualidade do produto, reduzindo assim os fatores de produção e a energia utilizados em cada elo, de modo a não

aumentar as emissões de gases com efeito de estufa no seu conjunto.

A cadeia de valor começa com a necessidade expressa pelo consumidor, pelo que toda a cadeia de abastecimento agroalimentar será condicionada pela localização dos mercados onde a comercialização das matérias-primas ou dos produtos transformados à base de cereais deve ser efetuada.

A otimização da logística da cadeia de abastecimento deve ser feita com base nas localizações relativas dos processos comerciais e industriais previstos, como a zona de produção de cereais, a zona de transformação e, finalmente, a zona de comercialização dos produtos.





Indicadores

Como complemento, a tabela seguinte resume o impacto positivo de cada uma das Boas Práticas acima descritas em diferentes indicadores agronómicos, económicos e ambientais.

TABELA 4. IMPACTO DAS BOAS PRÁTICAS EM DIFERENTES INDICADORES

BOAS PRÁTICAS	BIODIVERSIDADE	EMISSIONES DE GASES COM EFEITO DE ESTUFA	CONSUMO DE COMBUSTÍVEL	PRODUÇÃO	CUSTOS	QUALIDADE DA COLHEITA (GRÃO)	PRAGAS E DOENÇAS
Sementeira direta	++	++	++	+	+++	+	+
Rotação de culturas	+++	+	+	++	+	+	+++
Semente certificada e semente de reemprego	+			+++	+	+++	+++
Utilização de sistemas auxiliares de guiamento		++	+++	+	+		
Colheita com monitor de rendimento		++	++		+		
Distribuição variável de fertilizantes		+++	+	++	++		+
Otimização da utilização de produtos fitofarmacêuticos	++	++	++	++	++	++	++
Adubação de fundo incorporada na linha de sementeira		++	+++	+++	++	+	
Aplicação de fertilizantes com libertação controlada no solo		+++	++	+++	+	+	
Utilização de produtos bioestimulantes misturados com produtos fitofarmacêuticos		+++	++	+++	+	+	
Utilização de cadeias de abastecimento de proximidade		+++		+	+++		



InnoCereal

Beneficiários:



Parceiros beneficiários:

